



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Facultad de Tecnología de la Construcción

MONOGRAFIA

DISEÑO VIAL Y PAVIMENTO ARTICULADO DE 2.053 KM DE LONGITUD EN LA COMUNIDAD LAS LOMAS - JINOTEGA.

Para optar al título de ingeniero civil.

Elaborado por:

Br. Indrani Vanessa Gómez López.

Br. Gema Tatiana Herrera Pérez.

Br. Dayanara Elizabeth González Espinoza.

Tutor:

Msc. José Fernando Bustamante Arteaga.

Managua, Noviembre 2019

DEDICATORIA.

El presente trabajo investigativo lo dedicamos principalmente a Dios, por ser el inspirador y permitirnos el haber llegado hasta este momento tan importante de nuestra formación profesional, quien como guía estuvo presente en el caminar de nuestra vida bendiciéndonos y dándonos fuerzas para continuar con nuestras metas trazadas sin desfallecer.

A nuestros padres, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, que con su esfuerzo nos han permitido llegar a cumplir un sueño más.

A nuestros hermanos y demás familiares por estar siempre presentes acompañándonos y por el apoyo moral que nos brindaron a lo largo de esta etapa de nuestras vidas, a todas aquellas personas que han sido nuestro soporte y nuestra compañía.

A nuestros docentes involucrados que con su amplia experiencia y conocimiento nos orientaron al correcto desarrollo y culminación de este trabajo, siendo un pilar fundamental para nuestros aprendizajes en todo nuestro periodo de estudio.

AGRADECIMIENTO.

A Dios por su bondad, por darnos tanta fuerza y coraje para hacer este sueño realidad, a nuestros padres por enseñarnos todo el valor de la educación, que dentro de sus preocupaciones nos dieron la posibilidad de alcanzar una meta más.

A nuestro tutor Msc. Ing. José Fernando Bustamante Arteaga; que con su experiencia conocimiento y motivación nos orientó en el transcurso de la investigación.

A nuestro querido profesor Msc. Ing. Juan Leonardo Chow por el apoyo que nos brindó en nuestra formación académica, siendo un guía en el desarrollo de esta investigación así como en el desarrollo de nuestra formación profesional que con entusiasmo, esmero y paciencia nos motivó a seguir siempre adelante.

RESUMEN DEL TEMA.

En el trabajo monográfico se presenta una breve descripción del proyecto en estudio titulado: "Diseño Vial y Pavimento Articulado de 2.053 km de Longitud en la Comunidad Las Lomas - Jinotega".

Este documento consta de 9 capítulos donde se reflejan los resultados obtenidos al realizar dichos estudios:

Capítulo I. Aspectos Generales.

Aborda generalidades de la comunidad Las Lomas- Jinotega, que es donde se estará ubicando el proyecto, además hace una explicación sobre la importancia de la construcción de los 2.053 Km de adoquinado.

Capítulo II. Estudio Topográfico.

Aborda lo referente al estudio topográfico en el que se muestra detalladamente todo lo relacionado con la planimetría y altimetría del terreno.

En el Capítulo III. Diseño Vial.

Aborda lo referente al diseño geométrico de la vía en el cual se muestra detalladamente todo lo relacionado con el diseño del alineamiento horizontal y alineamiento vertical.

Capítulo IV. Estudio Hidrológico e Hidráulico.

Consiste en el estudio hidrológicos e hidráulicos para el diseño de estructura de obras de drenaje menor utilizando el método racional y el método SCS/NRCS.

Capítulo V. Estudio de Suelo.

Se muestran los resultados en los ensayos realizados a las muestras extraídas a lo largo del tramo en estudio y del banco de préstamo más próximo al sitio del proyecto.

Capítulo VI. Aforo Vehicular.

Se muestran las consideraciones que se tomaron en cuenta para la determinación de las tasas de proyección de los volúmenes futuros y obtener el tránsito de diseño.

Capítulo VII. Diseño de Pavimento.

Se presenta los resultados obtenidos del estudio de diseño de pavimento haciendo uso del método AASHTO 93.

Capítulo VIII. Presupuesto Aproximado.

Se presenta la estimación de los costos y la inversión total del proyecto, especificando cada etapa de este.

Capítulo IX. Conclusiones y recomendaciones.

Con hace referencia a conclusiones, recomendaciones.

ÍNDICE

CONTENIDO	PAGINA
CAPITULO I. ASPECTOS GENERALES	1
1.1. Introducción.	1
1.2. Antecedentes.....	2
1.3. Justificación.	3
1.4. Objetivos.....	4
1.4.1. Objetivo General.	4
1.4.2. Objetivos Específicos.....	4
1.5. Ubicación y localización del tramo.....	5
CAPITULO II. ESTUDIO TOPOGRÁFICO.	7
2.1. Estudio topográfico.	7
2.2. Planimetría.....	7
2.3. Altimetría.....	7
CAPITULO III. DISEÑO VIAL.	9
3.1. Diseño geométrico Vial.....	9
3.2. Parámetros de Diseño usados en el proyecto.	9
3.2.1. Clasificación de la carretera.	9
3.2.2. Vehículo de Diseño.	9
3.2.3. Velocidad de Diseño.....	11
3.2.4. Distancias de Visibilidad de Parada.	12
3.2.5. Factor Máximo de Fricción Lateral y Tasa de Sobreelevación ó Peralte.	14
3.2.6. Factor de fricción lateral.	14
3.2.7. Sobreelevación o peralte.....	14

3.2.8. Carril de Circulación.	15
3.2.9. Derecho de la vía.	16
3.2.10. Pendientes máximas.	17
3.3. Alineamiento Horizontal.....	20
3.4. Cálculos empleados en el diseño de curvas circulares.	20
3.5. Desarrollo del peralte.....	22
3.5.1. Cálculo Empleados en el Desarrollo del Peralte.	22
3.5.2. Diseño de Sobre Ancho.	24
3.6. Alineamiento vertical.....	25
3.7. Diseño de Curvas Verticales en Crestas o Convexas.	25
3.8. Diseños de Curvas en Cúmulos o Cóncavas.....	28
3.9. Criterios para el Diseño del Alineamiento Vertical.....	31
3.10. Determinación de la rasante.....	32
3.11. Elaboración de los planos.....	33
3.12. Señalización Vial.	33
3.12.1. Señales Verticales.	33
3.12.2. Dispositivos de control de tránsito.....	36
3.12.3. Señales Horizontales.	36
CAPITULO IV. ESTUDIO HIDRÁULICO E HIDROLÓGICO.....	47
4.1. Diseño hidrológico e hidráulico.....	47
4.2. Análisis Hidrológico.....	47
4.3. Áreas de drenaje.....	48
4.4. Diseño hidráulico.	49
4.5. Calculo de la Primera Cuenca	52

4.6. Cálculo de la tercera Cuenca	56
CAPITULO V. ESTUDIO DE SUELO.	58
5.1. Estudio de suelo.	58
5.2. Trabajo de campo.....	58
5.3. Estudio de laboratorio.....	58
5.4. Resultados obtenidos del ensayo de laboratorio.	59
5.5. Determinación del CBR de diseño.....	61
5.6. Pruebas realizadas en el banco de Material.....	63
5.7. Clasificación de suelo.....	63
CAPITULO VI. AFORO VEHICULAR.	66
6.1. Aforo vehicular.....	66
6.2. Resultados de volúmenes de tráfico por estaciones.	66
6.3. Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA).....	67
6.4. Tasa de crecimiento vehicular (TC).....	68
6.4.1 Historia de Tránsito.....	69
6.4.2 Producto Interno Bruto (PIB).....	69
6.4.3 Crecimiento poblacional.....	70
6.4.4 Selección de la tasa de crecimiento.....	71
6.5. Proyección de Tránsito.....	71
6.6. Factor crecimiento.	72
6.6.1. Tránsito proyectado.	72
6.6.2. Tránsito de Diseño.....	73
6.7. Cálculo de ejes equivalentes (ESAL o W18).	73
CAPITULO VII. DISEÑO DE PAVIMENTO.....	77

7.1. Aspectos generales.	77
7.2. Consideraciones de diseño	77
7.3. Carga de Ejes Simples Equivalentes (ESAL).	78
7.4. CBR de Banco de Préstamo para base.....	79
7.5. Módulo de Resiliencia (MR).....	79
7.5.1. Confiabilidad (R).	80
7.5.2. Desviación estándar (So).....	81
7.5.3. Serviciabilidad (Po, Pt).....	81
7.5.4. Perdida de Serviciabilidad.....	82
7.5.5. Coeficiente de Drenaje (m).	82
7.5.6. Coeficientes de capa (a_n).....	83
7.6. Número Estructural.....	85
7.7 Cálculo de los espesores.....	88
7.8. Como verificación.	90
CAPITULO VIII. PRESUPUESTO APROXIMADO.	91
8.1. Presupuesto aproximado.....	91
8.2. Actividades del proyecto.....	91
8.3. Costos Directos.	91
8.4. Costos Indirectos.....	91
8.5. Determinación de los costos por Etapas.	92
Capitulo IX. Conclusiones y Recomendaciones.	97
9.1. Conclusiones.	97
9.2. Recomendaciones.	98
9.3. Bibliografías.	99

Anexo.	I
-------------	---

Índice de Tabla

Tabla 1: Bm's del Tramo de Estudio.....	8
Tabla 2: Radios mínimos de giro de los vehículos de diseño (metros).....	10
Tabla 3: Dimensiones de los Vehículos de Diseño (Metros).	10
Tabla 4: Velocidades de Diseño en Kilómetros por Hora, en Función de los Volúmenes de Tránsito y la Topografía del Terreno.	11
Tabla 5: Distancias De Visibilidad De Parada y de Decisión.	13
Tabla 6: Coeficientes de Fricción Lateral.....	14
Tabla 7: Peraltes para diferente tipo de áreas	15
Tabla 8: Efecto combinado sobre la capacidad ideal, del ancho de carril y la ubicación de las restricciones laterales.....	16
Tabla 9 : Clasificación de los Terrenos en función de las Pendientes naturales.....	17
Tabla 10: Pendientes Máximas y Pendientes Mínimas por tipo de Carretera	18
Tabla 11: Parámetros de Diseño Usados en el Proyecto.....	19
Tabla 12: Controles de Diseño de Cuestas Verticales en Crestas Basados en la Distancias de Visibilidad y de Adelantamiento.....	28
Tabla 13: Controles de Diseño de Curvas Verticales en Cuspide Basados en la Distancia de Visibilidad de Parada, DVP.....	31
Tabla 14: Clasificación de señales horizontales.....	37
Tabla 15: Señales horizontales.	38
Tabla 16: Señales verticales.....	38
Tabla 17: Coeficiente de escorrentía.	47

Tabla 18: Estimación de Numero de Curva (CN).	48
Tabla 19: Parámetros de la cuenca para cada estructura de drenaje.	49
Tabla 20: Datos para el dimensionamiento de una alcantarilla según el método FHWA, HDS 5.1998.	50
Tabla 21: Dimensionamiento de alcantarillas de la Concretara Total TCR.	50
Tabla 22: Capacidad hidráulica y características de las alcantarillas actuales.	50
Tabla 23: Comparación de Caudales.	51
Tabla 24: Designación de estudios de suelo.	58
Tabla 25: Resultados de Estudio de Suelo.	60
Tabla 26: Cálculos para la elaboración de la gráfica del CBR de diseño.	62
Tabla 27: Criterios del Instituto de Asfalto para determinar el CBR de diseño.	62
Tabla 28: Resultados de la prueba Proctor, del Banco de Préstamo La Pedrera - El Canal.	64
Tabla 29: Resultado de CBR.	65
Tabla 30: CBR mínimo para base y sub base.	65
Tabla 31: Tránsito promedio diurno de 12 horas, ambos sentidos, estación: 1+029, ubicación empalme el Cacao Santa Bárbara.	67
Tabla 32: Resultados del Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA).	68
Tabla 33: Registro histórico del TPDA (ECD 318) Jinotega – Llano de la Cruz.	69
Tabla 34: Producto Interno Bruto (PIB).	70
Tabla 35: Crecimiento poblacional.	70
Tabla 36: Tasa de crecimiento a utilizar.	71
Tabla 37: Periodo de diseño según el tipo de carretera.	72

Tabla 38: Tránsito Proyectado.	72
Tabla 39: Transito de Diseño Para el Tramo Las Lomas Jinotega.	73
Tabla 40: Cálculo del ESAL.	76
Tabla 41: Ecuaciones para estimar el Módulo de Resiliencia	79
Tabla 42: Correlación entre ecuaciones	79
Tabla 43: Niveles de Confiabilidad R en Función del Tipo de Carretera.	80
Tabla 44: Desviación Estándar Dependiendo de las Condiciones de Servicio	81
Tabla 45: Factores de Serviciabilidad.....	82
Tabla 46: Porcentaje del Tiempo que el Pavimento está Expuesto a Niveles de Humedad Cercanos a la Saturación.	83
Tabla 47: Espesores Mínimos.	90
Tabla 48: Costos Indirecto.....	92
Tabla 49: Mano de obra del proyecto.	92
Tabla 50: Materiales de construcción.....	93
Tabla 51: Presupuesto general.....	94
Tabla 52: Total de costos.....	96
Tabla 53: Volumen vehicular de la estación 2+053 Transito Diurno de 12 horas.....	XXIII
Tabla 54: Flujo vehicular de la estación 0+000	XXIV

Índice de Imagen

Imagen 1. Macro Localización.....	5
Imagen 2. Micro localización.	6
Imagen 3: Distancia de Visibilidad de Parada.....	13
Imagen 4: Representación de Señalización Reglamentaria, estación 0+010.	34
Imagen 5: Representación de Señalización preventiva, estación 0+900, 1+100.	34
Imagen 6: Representación de Señalización preventiva, estación 1+090, 1+410.	35
Imagen 7: Representación de Señalización preventiva, estación 1+800, 1+910.	35
Imagen 8: Representación de Señalización reglamentaria, estación 2+040.	36
Imagen 9: Estratigrafía del Suelo.	61
Imagen 10: CBR de Diseño para Subrasante.	63
Imagen 11: Curva de Relación Densidad Seca/Contenido de Humedad.	64
Imagen 12: factores de expansión de la Estación de Corta Duración 318 Jinotega – Llano de la Cruz.	68
Imagen 13: Factores equivalentes de carga para pavimentos flexibles, ejes simples, $pt = 2,0$.....	74
Imagen 14: Factores equivalentes de carga para pavimentos flexibles, ejes tándem, $pt = 2,0$.	75
Imagen 15: Ecuación AASHTO 93	88
Imagen 16: Estructura de Pavimento Articulado.	89
Imagen 17: Sección típica de espesores.	90

Imagen 18: Muestras de Sondeos Manuales.....	XXII
Imagen 19: Factores de expansión de la Estación de Mayor Cobertura (EMC) 401, y Estación de Corta Duración (ECD) 318.....	XXV
Imagen 20: Diagrama de Cargas Permisible.	XXVI



Capitulo I.

Aspectos

Generales

CAPITULO I. ASPECTOS GENERALES

1.1. Introducción.

Nicaragua cuenta con una Red Vial de 24,515 km de las cuales el 82.46% no son pavimentadas, no obstante, el país está impulsando programas de infraestructuras vial y en los últimos años ha logrado un incremento del 4.38% (Red Vial de Nicaragua, MTI, 2018, pág. 11).

La presente monografía se refiere al diseño vial y pavimento articulado de 2.053 km de longitud en la comunidad Las Lomas que pertenece al departamento de Jinotega, ubicada a 171 km de la ciudad de Managua, con las coordenadas 13°07'46.9" N y 86°02'36.5" W.

El clima de la zona donde se desarrollará el proyecto se clasifica como tropical, con temperatura media anual de 20.4°C, Climate-Data.Org (Climate-Data-Org, s.f.)

La producción del departamento de Jinotega se basa en el café, la ganadería, agricultura y la producción eléctrica a nivel nacional. Por lo cual se requiere de caminos y carreteras debidamente diseñadas.

En el diseño geométrico de la vía, se hace uso del Manual de Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales (SIECA-2004). Para el trazado horizontal y vertical de la carretera se hará uso del software Civil-3D.

Posteriormente se diseñará la estructura de pavimento articulado aplicando el método AASHTO 93, para lograr la evaluación y diseño antes descrito se emplearán métodos de campo para el conteo vehicular, toma de muestra y levantamiento topográfico.

En base a los resultados del diseño se realizará un presupuesto aproximado para determinar el costo total del proyecto en base a las cantidades de obra.

1.2. Antecedentes.

La comunidad Las Lomas se encuentra localizada a 12 km de la ciudad de Jinotega, compuesta por 130 viviendas, con una población de 650 habitantes, cuenta con un centro de salud, un centro educativo, una iglesia católica y centros de recreación familiar, es un lugar de ubicación estratégica porque sirve de acceso a dos plantas hidroeléctricas que son la planta Centroamérica y la planta Larreynaga.

Además, cuenta con una base económica basada en la agricultura (legumbres), ganadería y pesca, siendo estas una fuente de abastecimiento para la localidad y consumo de las familias, así como de las personas que viajan para obtener el producto. La comunidad históricamente ha presentado vías de acceso en mal estado, en la cual nunca se ha invertido en una estructura vial y por consecuencia se dificulta el acceso del transporte público y privado, lo que limita el desarrollo socioeconómico de los pobladores.

1.3. Justificación.

Actualmente la vía de acceso a la comunidad Las Lomas está en mal estado y como consecuencia dificulta el acceso de transporte por las condiciones en las que se encuentra. En este contexto se dificulta la movilización de bienes, servicios, así como la seguridad de transporte de los 650 habitantes. Además, son afectadas las personas que se trasladan para realizar sus labores en la localidad, tales como personal de salud, personal de educación y trabajadores de las dos plantas hidroeléctricas.

Se propone diseñar un tramo de carretera basado en pavimentos articulado con una longitud de 2.053 km, que conecta a Las Lomas con la carretera Nic 3 a la altura del kilómetro 171 en la ruta San Rafael- Jinotega. El método de diseño se basará en las Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales (SIECA-2004), y el método de la AASHTO 93, siendo uno de los métodos más confiables, para así obtener mejores resultados.

Se considera que la carretera con el nuevo diseño facilitará el desarrollo económico al permitir el tráfico de pasajeros y mercadería en mejores condiciones de transporte, así mismo se beneficiaran los trabajadores de las dos plantas hidroeléctricas y funcionarios del sector público que promueve el desarrollo social. Finalmente, la reducción del tiempo de transportación de todos los usuarios de la carretera reducirá el costo de transporte y aumentará la seguridad de los mismos.

1.4. Objetivos.

1.4.1. Objetivo General.

Realizar el diseño geométrico y estructura de pavimento articulado del tramo de carretera de 2.053 km de longitud en la comunidad Las Lomas – Jinotega.

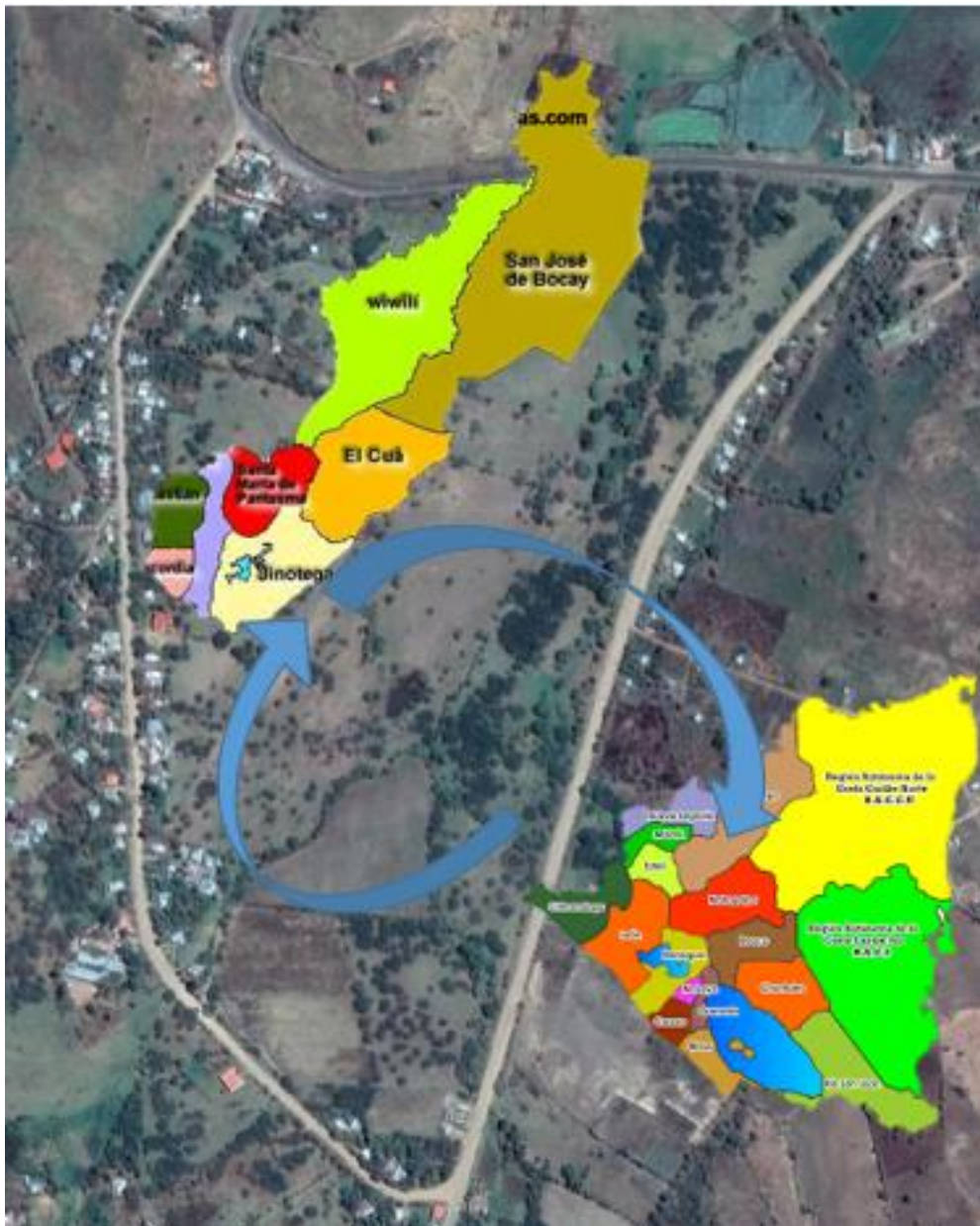
1.4.2. Objetivos Específicos.

- Realizar un estudio topográfico en el tramo de estudio con la finalidad de conocer las características del relieve.
- Realizar el diseño vial utilizando las normas para el Diseño Geométrico de Carreteras Regionales, SIECA 2004, proponiendo la rasante más económica que garantice seguridad al tramo de estudio.
- Realizar el estudio hidrológico de la sub-cuenca del sitio para evaluar la capacidad hidráulica de alcantarillas existentes y diseño de obras menores.
- Determinar las características físico y mecánico del suelo y banco de préstamos que servirá para su adecuada utilización en la estructura de pavimento.
- Realizar aforo vehicular para calcular el Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA), cuantificando las cargas de diseño en el tramo Las Lomas - Jinotega.
- Diseñar la estructura de pavimento Articulado mediante la normativa Diseño de Estructura de Pavimento 1993, AASHTO 93.
- Elaborar el presupuesto aproximado del diseño vial del tramo de estudio, basado en los costos unitarios de la Alcaldía municipal de Jinotega.

1.5. Ubicación y localización del tramo.

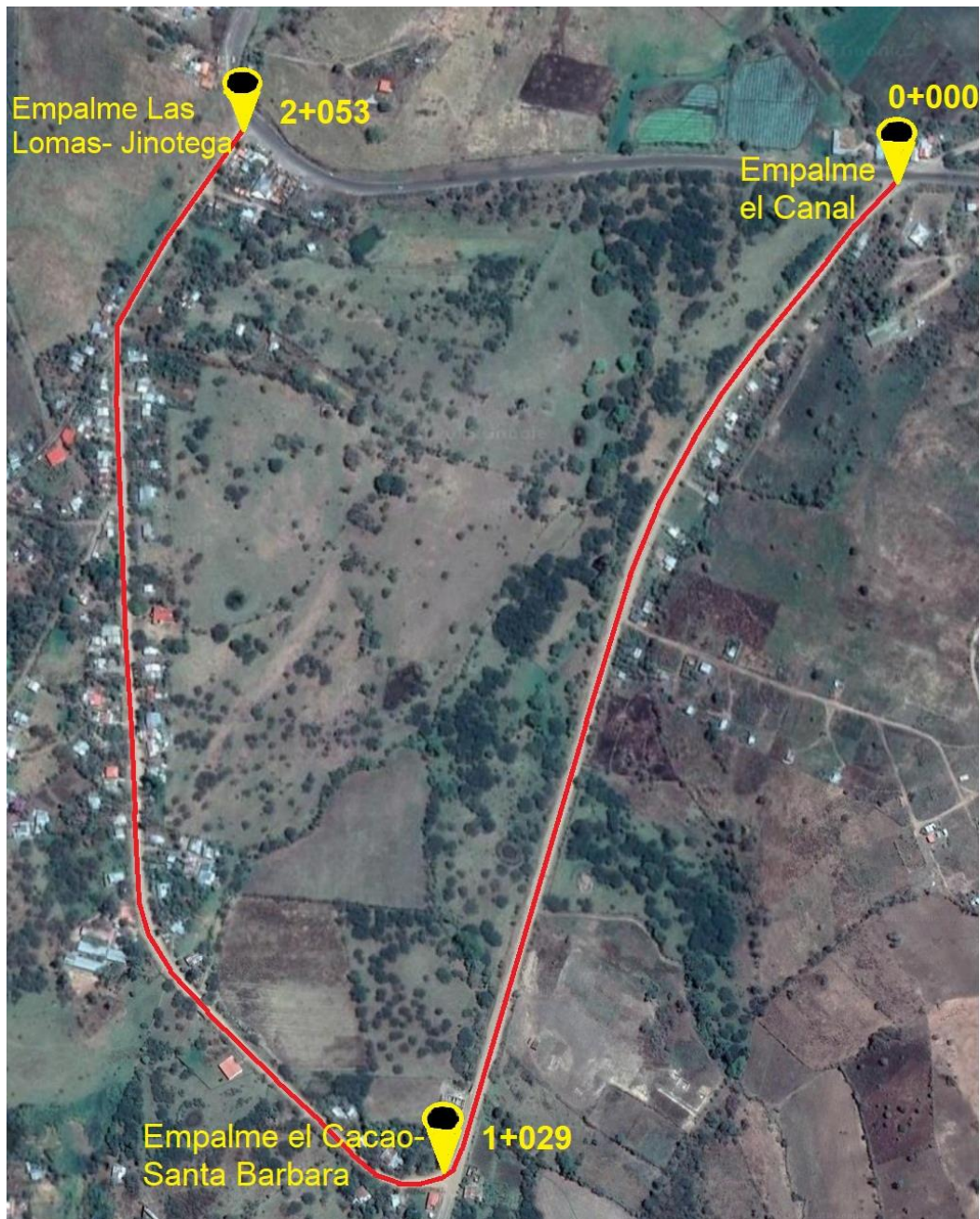
El tramo de carretera se ubica en la comunidad Las Lomas a 12 km de la cabecera del departamento de Jinotega en el km 171, en las coordenadas 13°07'46.9" N y 86°02'36.5" W.

Imagen 1. Macro Localización.



Fuente: Elaboración propia

Imagen 2. Micro localización.



Fuente: Elaboración propia.



ESTUDIO TOPOGRÁFICO

CAPITULO II. ESTUDIO TOPOGRÁFICO.

2.1. Estudio topográfico.

Se realizó el presente estudio topográfico con el propósito de conocer las características espaciales y naturales de la zona de estudio, así como la identificación de objetos relevantes que se encuentran en la zona y de interés para el diseño.

Para ello se hace un levantamiento topográfico planimétrico y altimétrico, a partir de un BM geodésico, cuyas coordenadas son ($X= 604308.7244$, $Y= 1452078.718$, $Z= 973.2136$), en total se realizaron 12 BM, como se muestra en la tabla 1. Se tomaron lecturas de las coordenadas (X,Y,Z), en el eje de la vía y en los hombros izquierdo y derecho, en total se levantaron 870 puntos.

Los planos se elaboran utilizando la proyección UTM en la zona 16 P norte y Datum WGS84. Los datos se procesan con Civil 3D.

2.2. Planimetría.

Es el conjunto de operaciones necesarias para la determinación de puntos sobre el terreno que serán proyectados sobre un plano horizontal XY.

Para el alineamiento horizontal del eje longitudinal se realizó el levantamiento como una poligonal abierta, el alineamiento se comenzó en el estacionamiento 0+000 en el empalme El Canal - Las Lomas y finaliza en la estación 2+053 empalme Las Lomas – Jinotega.

2.3. Altimetría.

La altimetría se encarga de la medición de las diferencias de nivel o de elevación entre los distintos puntos del terreno, las cuales representan las distancias verticales a partir de las mediciones de las pendientes o grado de inclinación del terreno.

Se determinó un primer BM en la estación 0+000 con el fin de iniciar la elevación de los demás puntos. Se obtuvieron 12 Bm's a lo largo de todo el tramo en estudio.

Las curvas de nivel a lo largo de la vía, fueron generadas por el software Civid 3D, a partir de los puntos levantados, proponiendo las menores a 0.20 metros y las mayores a 1 metro.

Tanto la planimetría y la altimetría de la vía en estudio se utilizó para realizar el diseño geométrico basada en la Norma para el Diseño Geométrico de Carretera Regionales, SIECA 2004 y Diseño de Estructura de Pavimento 1993, AASHTO 93.

Tabla 1: Bm's del Tramo de Estudio.

Punto	X	Y	Z	Descripción
1	604365.63120	1452118.28440	973.21360	BM 1
2	604231.50510	1451987.05980	969.05250	BM 2
3	604148.26000	1451821.47200	970.24520	BM 3
4	604004.06490	1451402.23850	974.02650	BM 4
5	603970.01740	1451257.59080	975.91600	BM 5
6	603903.18740	1451266.83470	976.32120	BM 6
7	603743.22420	1451401.20350	972.70660	BM 7
8	603701.29210	1451498.04820	974.12600	BM 8
9	603682.13660	1451642.57800	985.45760	BM 9
10	603674.55410	1451764.17880	989.27340	BM 10
11	603668.30740	1451998.84550	983.12640	BM 11
12	603770.05150	1452169.26190	985.53800	BM 12

Fuente: Elaboración Propia.



CAPITULO III.

DISEÑO VIAL

CAPITULO III. DISEÑO VIAL.

3.1. Diseño geométrico Vial.

Para la elaboración del diseño se adoptarán las especificaciones de las (Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras Regionales SIECA 2004).

3.2. Parámetros de Diseño usados en el proyecto.

3.2.1. Clasificación de la carretera.

Se determinó que el tramo de estudio en el proyecto corresponde a una carretera colectora rural de acuerdo al Manual de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras Regionales SIECA 2004. Donde señala que generalmente sirven al tránsito con recorridos de menores distancias relativas, que se mueve entre ciudades, pueblos y villas, sirve así mismo como alimentador de las arterias troncales y de las colectoras suburbanas. La velocidad en estas vías es moderada, comparada con las arterias de tránsito mayor. Las colectoras amplían la zona de influencia de la red principal, por cuanto mueven el tránsito que se origina en zonas agrícolas y ganaderas importantes, puertos o embarcaderos, centros de educación con significativo movimiento de estudiantes y áreas industriales. Sus volúmenes de tránsito para diseño se ubican entre los 10,000 y 500 vehículos promedio diario.

3.2.2. Vehículo de Diseño.

Se tomó un vehículo de diseño camión Articulado (WB-15), que corresponde a la clasificación funcional de una carretera colectora rural debido al Transito promedio Diario Anual (TPDA).

Los radios mínimos de giro para dichos vehículos de diseño, giros que deben realizarse a velocidades menores de 15 kilómetros por hora, se muestran en la tabla 2, así mismos el dimensionamiento correspondiente a WB-15 en la tabla 3.

Tabla 2: Radios mínimos de giro de los vehículos de diseño (metros).

Vehículo- Tipo	Radio Interior (m)	Radio de Diseño(m)
Automóvil, P	4.2 (4.7)	7.3 (7.3)
Autobús Sencillo, BUS	7.4	12.8
Camión Sencillo, SU	8.5 (8.7)	12.8 (12.8)
Camión Articulado, WB-15	5.8 (6.0)	13.7 (13.7)
Camión Articulado, WB-19	2.8	13.7
Camión Articulado, WB-20	0	13.7

Fuente: Normas de Diseño Geométrico SIECA 2004 pág. 2-4.

Tabla 3: Dimensiones de los Vehículos de Diseño (Metros).

	P	BUS	SU	WB-15	WB-19	WB-20
Altura	1.3(1.3)	4.1	4.1(4.1)	4.1(4.1)	4.1	4.1
Ancho	2.1(2.1)	2.6	2.6(2,6	2.6(2.6)	2.6	2.6
Longitud	5.8(5.8)	12.1	9.1(9.2	16.7 (16.8)	21.0	22.5
Voladizo Delantero	0.9(0.9)	2.1	1.2(1.2)	0.9(0.9)	1.2	1.2
Voladizo Trasero	1.5(1.5)	2.4	1.8(1.8)	0.6(0.6)	0.9	0.9
Distancia entre Ejes Extremos, WB1	3.4(3.4)	7.6	6.1(6.1)	6.1(6.1)	6.1	6.1
Distancia entre Ejes Extremos, WB2				9.1(9.2)	12.8	14.3

Fuente: Normas de Diseño Geométrico SIECA 2004, pág. 2-4.

3.2.3. Velocidad de Diseño.

Para determinar la velocidad de diseño en la vía fue necesario conocer la tipología del terreno, el volumen de tránsito promedio diario anual (TPDA), así mismo los dispositivos de tránsito cuando la zona es poblada.

La velocidad que recomienda el Manual de Normas para el Diseño Geométrico de Carretera Regionales SIECA 2004, teniendo en cuenta la tipología del terreno y el TPDA, es de 50 KPH que corresponde a una colectora rural para un tipo de terreno montañoso como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 4: Velocidades de Diseño en Kilómetros por Hora, en Función de los Volúmenes de Tránsito y la Topografía del Terreno.

Tipo de terreno	Volúmenes de Tránsito Diario o TPDA, en veh/Día			
	>20000	20,000-10,000	10,000-3,000	3,000-500
Plano	110	90	80	70
Ondulado	90	80	70	60
Montañoso	70	70	60	50

Fuente: Manual de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras Regionales SIECA 2004.pag. 4-3.

Sin embargo como se mencionó anteriormente hay que tomar en cuenta los dispositivos de control de tránsito, los cuales en el tramo de estudio se identificaron tales como centro de salud y zona escolar. Tomando en cuenta los niveles inferiores que corresponden a los caminos vecinales o locales, donde dicha velocidad se reduce hasta 40 kilómetros por hora.

3.2.4. Distancias de Visibilidad de Parada.

Esta es la distancia requerida por un conductor para detener su vehículo en marcha, cuando surge una situación de peligro o percibe un objeto imprevisto adelante de su recorrido. En este caso se propone una visibilidad de parada de 45 metros calculado de la siguiente manera.

$$d1 = 0.278 * 40 * 2.5 \quad \text{Ecuación (1)}$$

$$d1 = 27.80 \text{ m}$$

$$d2 = \frac{v^2}{254(f+G)} \quad \text{Ecuación (2)}$$

$$d2 = \frac{40^2}{254(0.38+0.106)}$$

$$d2 = 12.96 \text{ m}$$

$$DVP = d1 + d2 \quad \text{Ecuación (3)}$$

$$DVP = 27.80 + 12.96$$

$$DVP = 40.76 \text{ m} \approx 45 \text{ m}$$

Donde:

DVP: Visibilidad de parada.

d1= Distancia de parada.

d2: Distancia de frenado.

V: Velocidad.

t: Tiempo de reacción (2.5 seg).

f: Coeficiente de fricción longitudinal entre llanta y superficie de rodamiento.

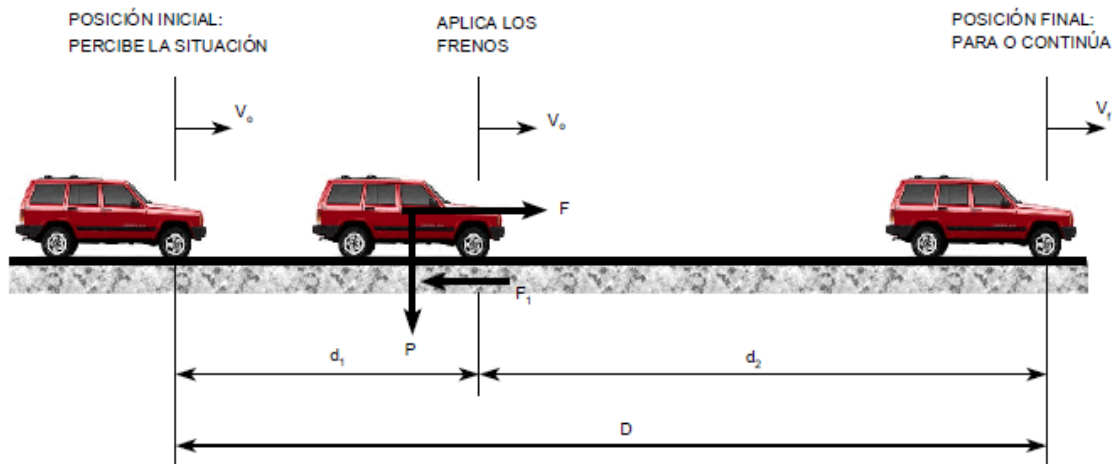
G: Diferencia algebraica de las pendientes.

Tabla 5: Distancias De Visibilidad De Parada y de Decisión.

Velocidad de Diseño	Velocidad de Marcha	Tiempo de Percepción y Reacción		Coeficiente de Fricción	Distancia de Frenado	Distancia de Parada para
Km/h	Km/h	Tiempo (s)	Distancia	f	(m)	m)
30	30-30	2.5	20.8 - 20.8	0.4	8.8 - 8.8	30 - 30
40	40-40	2.5	27.8 - 27.8	0.38	16.6 - 16.6	45 - 45
50	47 - 50	2.5	32.6 - 34.7	0.35	24.8 - 28.1	57 - 63
60	55 - 60	2.5	38.2 - 41.7	0.33	36.1 - 42.9	74 - 85
70	67 - 70	2.5	43.8 - 48.6	0.31	50.4 - 62.2	94 - 111
80	70 - 80	2.5	48.6 - 55.6	0.3	64.2 - 83.9	113 - 139
90	77 - 90	2.5	53.5 - 62.4	0.3	77.7 - 106.2	131 - 169
100	85 - 100	2.5	59.0 - 69.4	0.29	98.0 - 135.6	157 - 205
110	91 - 110	2.5	63.2 - 76.4	0.28	116.3 - 170.0	180 - 246

Fuente: Manual de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras Regionales SIECA 2004.pag. 4-28.

Imagen 3: Distancia de Visibilidad de Parada.



Fuente: Manual de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras Regionales SIECA 2004.pag. 4-24

3.2.5. Factor Máximo de Fricción Lateral y Tasa de Sobreelevación ó Peralte.

El factor de fricción lateral depende principalmente de las condiciones de las llantas de los vehículos, el tipo y estado de la superficie de rodamiento y de la velocidad del vehículo, mientras que la sobreelevación ó peralte depende de las Condiciones climáticas, tipo de área, urbana ó rural, frecuencia de vehículos de baja velocidad y las condiciones del terreno.

3.2.6. Factor de fricción lateral.

La AASHTO 93 citada por el Manual de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras Regionales SIECA 2004, presenta factores de fricción lateral para tres tipos de carreteras, con variaciones entre 0.17 y 0.10 en función inversa de la velocidad para todo tipo de carreteras rurales y urbanas con velocidades comprendidas entre 30 y 110 kilómetros por hora, por lo tanto el coeficiente de fricción a utilizar en el tramo es de 0.17 como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 6: Coeficientes de Fricción Lateral.

Valores de f en función de la velocidad	
F	Velocidades en Km./h
0.17	40
0.16	50
0.15	65
0.14	80
0.13	110
0.12	115

Fuente: Especificaciones de diseño de la AASHTO 93.

3.2.7. Sobreelevación o peralte.

La sobreelevación o peralte, e, siempre se necesita cuando un vehículo viaja en una curva cerrada a una velocidad determinada, para contrarrestar las fuerzas centrífugas y el efecto adverso de la fricción que se produce entre la llanta y el pavimento.

A continuación se presenta en la siguiente tabla el porcentaje de peralte que recomienda el manual de normas para el diseño de carreteras regionales SIECA 2004, valor que puede ser desestimado cuando las curvas presentan radios de mayor amplitud, como es el caso de nuestro tramo por lo que se recomienda utilizar un peralte del 8%.

Tabla 7: Peraltes para diferente tipo de áreas

Peralte o sobreelevación, "e" (%)	Tipo de Área
10	Rural montañosa
8	Rural plana
6	Suburbana
4	Urbana

Manual de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras Regionales SIECA 2004, pag.4-36.

3.2.8. Carril de Circulación.

El carril es la unidad de medida transversal, para la circulación de una sola fila de vehículos, siendo el ancho de la calzada o superficie de rodamiento, la sumatoria de los carriles, a la que también se hace referencia en la clasificación de las carreteras. Para ofrecer las mejores condiciones de seguridad y comodidad para los usuarios, la superficie de rodamiento de las carreteras debe ser plana y sin irregularidades, resistente al deslizamiento y habilitada para la circulación del tránsito bajo todas las condiciones climáticas previsibles.

Para ello contamos con los valores de la siguiente tabla

Tabla 8: Efecto combinado sobre la capacidad ideal, del ancho de carril y la ubicación de las restricciones laterales

Ancho útil de los hombros u obstrucción lateral	Porcentaje de capacidad en relación a la del carril de 3.6 metros		
	3.6 m	3.3 m	3.0 m
CARRETERAS DE DOS CARRILES			
1.8	100	93	84
1.2	92	85	77
0.6	81	75	68
0	70	65	58
CARRETERAS DE CUATRO CARRILES SIN MEDIANA			
1.8	100	95	89
1.2	98	94	88
0.6	95	92	86
0	88	85	80

Manual de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras Regionales SIECA 2004 Pág. 4-5.

En nuestro tramo de estudio se considera un ancho de carril de 3.15, siendo el ideal para las condiciones físicas más exigentes de la vía, para la circulación vehicular permitiendo más comodidad y seguridad a los vehículos lentos y a las bicicletas.

3.2.9. Derecho de la vía.

El derecho de vía es la franja de terreno que adquiere el dueño de una carretera, normalmente el Estado, para la construcción de la misma, incluyendo dentro de sus límites el diseño bien balanceado de las calzadas con sus carriles proyectados, los hombros interiores y exteriores, las medianas y todos los demás elementos que conforman normalmente la sección transversal típica de este tipo de instalaciones, conforme su clasificación funcional.

Para las carreteras colectoras, ubicadas en el rango inferior de la clasificación funcional de la red de carreteras se considera disponer de un derecho de vía de

20 metros de ancho, que puede ampliarse hasta 30 metros de ancho para disponer de una solución más holgada.

Por lo cual el derecho de vía en este tramo se propone que sea de 20 metros porque cumple satisfactoriamente con nuestro diseño.

3.2.10. Pendientes máximas.

El Manual Centroamericano de Normas Para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales SIECA 2004, presenta valores de pendientes máximas recomendadas para cada tipo de camino de acuerdo a las velocidades de diseño y el tipo de terreno, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 9 : Clasificación de los Terrenos en función de las Pendientes naturales

Tipo de Terreno	Rango de Pendientes (%)
Llano o Plano	$G \leq 5$
Ondulado	$5 > G \leq 15$
Montañoso	$15 > G \geq 30$

Fuente: Manual de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras Regionales SIECA 2004, pag. 4-63

La AASHTO 93 citada por el Manual de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras Regionales SIECA 2004, identifica las tres categorías generales de terreno del cuadro anterior, en la forma que se describe seguidamente:

Terreno plano, es aquel en el cual se dan condiciones topográficas favorables para los levantamientos de campo, el diseño horizontal y vertical, la construcción y reconstrucción de las obras viales facilitándose el mantenimiento y la segura, cómoda y económica operación de los vehículos.

El terreno ondulado presenta frecuentes pendientes de subida y bajada y ocasionalmente ofrece algunas dificultades y restricciones en el alineamiento horizontal y vertical de las carreteras.

El último tipo se identifica como terreno montañoso, el cual ofrece dificultades y altos costos en la construcción por la frecuencia de cortes y rellenos que se requieren para lograr alineamientos horizontales y verticales aceptables. Este tipo

de terreno cumple con las características de nuestro tramo y por tal razón se recomienda que los grados máximos

A continuación se presenta lo anterior descrito en la siguiente tabla.

Tabla 10: Pendientes Máximas y Pendientes Mínimas por tipo de Carretera

Clasificación Funcional	Tipo de Terreno	Velocidad de Diseño (km/h) y pendiente Máxima (%)						Pendiente Mínima (%)
		32	48	64	80	96	112	
AR Autopistas Regionales	Plano				4	3	3	0.5 con predominio del drenaje
	Ondulado				5	4	4	
	Montañoso				6	6	5	
TS Troncales Suburbanas	Plano		8	7	6	5		0.5 con predominio del drenaje
	Ondulado		9	8	7	6		
	Montañoso		11	10	9	8		
TR Troncales Rurales	Plano			5	4	3	3	0.5 con predominio del drenaje
	Ondulado			6	5	4	4	
	Montañoso			8	7	6	5	
CS Colectoras Suburbanas	Plano	9	9	9	7	6	5	0.3- 0.5
	Ondulado	12	11	10	8	7	6	
	Montañoso	14	12	12	10	9	7	
CR Colectoras Rurales	Plano		7	7	6	5		0.5
	Ondulado	11	10	9	8	6		
	Montañoso	16	14	12	10			

Fuente: Manual de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras Regionales SIECA 2004.pag. 4-65

Según el levantamiento topográfico de nuestro tramo, la pendiente máxima natural existente es de 9.94 % (valor obtenido del programa Civil 3D), que entra en la clasificación de terreno ondulado que va desde 5 al 15 %. Por lo que se recomienda utilizar una pendiente máxima del 8 % y de esta manera brindar comodidad y seguridad al usuario.

Tabla 11: Parámetros de Diseño Usados en el Proyecto.

N	Descripción Parámetro	Forma	Unidad	Valores
1	Clasificación Funcional	Colectora Rural		
2	Ancho del Derecho de Vía	ADV	m	20
3	Velocidad de Diseño	V _D	KPH	40
4	Velocidad de Ruedo	V _r	KPH	-
5	Vehículo de Diseño	Veh.	Tipo.	WB-15
6	Radio de Curvatura Mínimo	R	m	50
7	Grado de Curvatura Máximo	G _c	G. Min. Seg	22°45'51"
8	Número de Carriles de Rodamiento	N _c	Unid.	2
9	Ancho Carril de Rodamiento	AC	m	3.15
10	Ancho Total de Rodamiento	AR	m	6.30
11	Ancho de Hombros	Hm	m	-
12	Ancho de Corona	A _c	m	-
13	Pendientes Transversal (Bombeo)	B	%	-3%
14	Pendiente del Hombro	Hm%	%	-
15	Sobreelevación Máxima (peralte)	emax.	%	8%
16	Pendiente Longitudinal Máxima	Pend%	%	8%
17	Sobre ancho Máximo en curvas Horizontales	Smax	m	1.50
18	Sobre ancho Mínimo en Curvas Horizontales	Smin	m	0.60
19	Coeficiente de Fricción Lateral	f ₁	S/U	0.17
20	Coeficiente de Fricción Longitudinal	f ₂	S/U	0.38
21	Longitud Mínima de Curva Vertical	Cvmin	m	40
22	Distancia de Visibilidad de Parada (min)	DVP	m	45
23	Distancia de Visibilidad de Rebase	DVR	m	-
24	Distancia de Visibilidad Curva Horizontal	DVCH	m	-
25	Superficie carpeta de Rodamiento	Srod.	Tipo.	Articulado
26	Carga de Diseño	Cd		W18

Fuente: Elaboración Propia basado en el Manual para la Revisión de Diseño Geométrico pág. 142.

3.3. Alineamiento Horizontal.

Se considera como la proyección sobre un plano horizontal del eje de la sub-corona del camino. Parte de los elementos que lo integran son:

- **La Tangente.** Es la proyección sobre un plano horizontal de las rectas que unen las curvas. Al punto de intersección de dos tangentes se le denomina PI.
- **Curvas circulares.** La curva circular es un arco de influencia que se emplea en las obras longitudinales, para lograr un cambio gradual en la dirección de las tangentes y que al mismo tiempo sirven de unión entre las mismas.

Para lograr un cambio gradual de dirección entre los tramos rectos del eje del proyecto longitudinal se emplean distintos tipos de curvas de enlace horizontal, de las cuales en el diseño geométrico se identifican solamente Curvas Circulares Simples.

- **Curvas Circulares Simples (CCS).** Las curvas circulares simples, están formadas por solo un arco de circunferencia, es decir, un segmento de circunferencia que sirve de acuerdo entre dos alineaciones.

3.4. Cálculos empleados en el diseño de curvas circulares.

- **Radio Mínimo y sus correspondientes Grados Máximos de Curva.**

Los radios mínimos son los valores límites de la curvatura para una velocidad de diseño dada, que se relacionan con la sobreelevación máxima y la máxima fricción lateral escogida para diseño. Un vehículo se sale de control en una curva, ya sea porque el peralte o sobreelevación de la curva no es suficiente para contrarrestar la velocidad, o porque la fricción lateral entre las ruedas y el pavimento es insuficiente y se produce el deslizamiento del vehículo.

Para el diseño de las curvas se debe hacer uso de los siguientes datos:

- Velocidades de Diseño
- Tasa de sobre Elevación o Peralte
- Factor de Fricción Lateral

Para luego calcular los elementos a continuación:

$$R = \frac{V^2}{127(e + f)} \quad \text{Ecuación (4)}$$

Donde:

R= radio de curvatura (m)

E= Tasa de sobre elevación de fricción o peralte

f= Factor de fricción lateral, que es la fuerza de fricción dividida por la masa perpendicular al pavimento.

V= Velocidades de Diseño (km/h)

- **Cálculo de grado de Curvatura.**

$$Gc = \frac{1145.92}{R} \quad \text{Ecuación (5)}$$

Donde:

Gc= Grado de Curvatura

- **Cálculo de Peralte de Diseño.**

$$e_D = e_{max} - e_{max} * \left(\frac{G_{max} - G_D}{G_{max}} \right)^2 \quad \text{Ecuación (6)}$$

- **Cálculo de la Tangente.**

$$T = R * \tan\left(\frac{\Delta}{2}\right) \quad \text{Ecuación (7)}$$

- **Cálculo de la Cuerda o desarrollo de la Curva.**

$$D = \frac{20\Delta}{G_D} \quad \text{Ecuación (8)}$$

- **Cálculo de Estaciones.**

$$PC = PI - T \quad \text{Ecuación (9)}$$

$$PT = PC + D$$

3.5. Desarrollo del peralte.

Una vez calculado el valor del peralte o sobre-elevación que deberá tener la curva circular es necesario proporcionarlo de forma gradual; es decir, convertir la forma de la sección transversal de la calzada bombeada del centro hacia los bordes, en una sección con la inclinación única del peralte del borde exterior hacia el interior de la curva.

Existen tres formas de proporcionar el peralte a la curva, los cuales son:

- Desarrollo del peralte por el eje de la vía.
- Desarrollo del peralte por el borde interior.
- Desarrollo del peralte por el borde exterior.

3.5.1. Cálculo Empleados en el Desarrollo del Peralte.

Para el diseño del peralte se debe tener los siguientes datos:

Ancho de Rodamiento (a), Bombeo de la calzada (b), Pendiente relativa (m).

- **Cálculo de la Longitud de Transición.**

Según las especificaciones generales para proyectos geométricos de caminos de penetración de Nicaragua se tiene:

$$LT = m * \frac{a}{2} * e_D \quad \text{Ecuación (10)}$$

Donde:

a= Ancho de rodamiento

e_D = Peralte de Diseño

m= inverso de la pendiente relativa – $1.5625 \cdot V_D + 75$

V_D : Velocidad de Diseño

p= pendiente relativa $\frac{1}{m}$

Si el resultado no fuera un número entero, entonces el valor se redondea a un número mayor que sea múltiplo de 20.

- **Cálculo de la Transición del bombeo.**

$$N = \frac{LT * b}{e_D} \quad \text{Ecuación (11)}$$

Donde:

LT= Longitud de transición

b= Bombeo

e_D = Peralte de Diseño

N= Transición del bombeo

- **Cálculo de los Estacionamientos.**

Estacionamientos de una curva circular para el desarrollo del peralte del eje de la vía

- **Estacionamientos de entrada a la curva circular.**

$$EST_{N1} = EST_{PC} - LT - N \quad \text{Ecuación (12)}$$

$$EST_{ET} = EST_{ET} - LT$$

$$EST_{N2} = EST_{ET} + N$$

$$EST_D = EST_{PC}$$

- **Estacionamientos de Salida a la curva circular.**

$$EST_D = EST_{PT} \quad \text{Ecuación (13)}$$

$$EST_{N3} = EST_{TT} - N$$

$$EST_{TT} = EST_{PT} + LT$$

$$EST_{N4} = EST_{TT} + N$$

- **Análisis del cálculo de transición del bombeo y peralte.**

El análisis depende del tipo de desarrollo de peralte que se haga en la curva basándose en el comportamiento del tipo de desarrollo del peralte en la curva se calculan las elevaciones en función de la rasante para la transición del bombeo y peralte.

3.5.2. Diseño de Sobre Ancho.

Como se explicó anteriormente, el sobre-ancho es la anchura adicional a la calzada respecto al ancho en la tangente para proporcionar la misma separación entre vehículos en las curvas que en las tangentes.

El diseño del sobre-ancho se cálculo mediante la siguiente ecuación:

$$Sa = n \left(R - \sqrt{R^2 - L^2} \right) + \frac{VD}{10\sqrt{R}} \quad \text{Ecuación (14)}$$

Se redondea valor a un decimal entero.

Donde:

Sa: sobre-ancho.

n: número de carriles.

R: radio de la curva.

L: longitud entre eje delantero y trasero del vehículo tipo.

VD: velocidad de diseño.

- Para fines de proyecto no se consideran los sobre-anchos que resulten menores de 0.60 m, si el sobre-ancho resultase mayor deberá redondearse al decímetro superior.
- No es necesario ampliar la vía si los carriles tienen un ancho de 3.50 m o más.
- Es posible no considerar la ampliación, cuando el radio de la curva es mayor de 300 m.

3.6. Alineamiento vertical.

La topografía del terreno y la ubicación de la obra son factores fundamentales en el alineamiento vertical. Se compone de líneas rectas y curvas en el plano vertical, identificando las pendientes ascendientes (+) y descendientes (-), expresadas usualmente en porcentajes.

Aparte de las consideraciones de estética, costos de construcción, comodidad y economía en los costos de operación de los vehículos, siempre deben tomarse en cuenta los siguientes factores:

- Visibilidad y accidentalidad
- Composición del tránsito.
- Relación entre la velocidad y sus engranajes de cambio en la operación del vehículo.

3.7. Diseño de Curvas Verticales en Crestas o Convexas.

Existen dos condiciones para diseñar este tipo de curva: La primera considera que la longitud de la curva (L) es mayor a la distancia de visibilidad (S) y la segunda se presentan cuando L es menor que S. En el primer caso se aplica la ecuación 13 para calcular la longitud mínima (L) de la curva vertical:

$$L = \frac{GS^2}{200(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})^2} \quad \text{Ecuación (15)}$$

Donde:

G: Diferencia algebraica de pendientes (%)

S= Distancia de visibilidad

h_1 = Altura del ojo del conductor

h_2 = Altura del objeto

Reemplazando en esta fórmula la altura del ojo del conductor $h_1 = 1.07$ m y del objeto $h_2 = 0.15$ m, la ecuación para el diseño es la siguiente.

$$L = \frac{GS^2}{404} \quad \text{Ecuación (16)}$$

Cuando L es mayor que S, la expresión matemática es la siguiente.

$$L = \frac{2S - 404}{G} \quad \text{Ecuación (17)}$$

La longitud de la curva vertical utilizando el factor k es:

$$L = K * G \quad \text{Ecuación (18)}$$

Cuando se utiliza la distancia de visibilidad de adelantamiento como criterio de control para el diseño, las longitudes de las curvas verticales en cresta resultan mayores que las calculadas utilizando las expresiones anteriormente indicadas, lo que hace pensar que diseñar para estas longitudes, conduce a una considerable elevación de los costos de construcción; además que para recomendar estas distancias debe haber una combinación favorable entre topografía del terreno, seguridad y volúmenes de tránsito, que dé como resultado su plena justificación.

De igual manera que el caso anterior existen dos consideraciones a tomar en cuenta cuando se usa la distancia de visibilidad de adelantamiento; la primera se

presenta cuando la longitud de la curva (L) es mayor que la distancia de visibilidad (S), entonces se utiliza la siguiente ecuación:

$$L = \frac{GS^2}{946} \quad \text{Ecuación (19)}$$

La diferencia estriba en que la altura del objeto es de 1.30 m en vez de 0.15 m.

Cuando la longitud de curva (L) es menor que la distancia de visibilidad de adelantamiento (S); la ecuación que se usa es la siguiente:

$$L = \frac{2S - 946}{G} \quad \text{Ecuación (20)}$$

Todos los términos de estas ecuaciones tienen igual significado que los anteriores, las cuales se pueden encontrar en el manual de Normas para el Diseño Geométricos de Carreteras regionales pagina 4-66.

Las distancias mínimas de visibilidad para adelantamiento y de visibilidad de parada y de decisión Controles de Diseño de Curvas Verticales en Crestas Basados en la Distancias de Visibilidad y de Adelantamiento, como se muestra a continuación.

Tabla 12: Controles de Diseño de Cuevas Verticales en Crestas Basados en la Distancias de Visibilidad y de Adelantamiento.

Velocidad de Diseño (km/h)	Velocidad de Marcha (km/h)	Distancia de parada para diseño (m) por % de G*	Tasa de curvatura vertical K, longitud (m) por % de G*	Distancia mínima de adelantan. Para diseño (m)*	Tasa de curvatura vertical, K, Long (m) por % de G*
30	30 - 30	30 - 30	3-3	217	50
40	40 - 40	45 - 45	5-5	285	90
50	47 - 50	60 - 65	9-10	345	130
60	55 - 60	75 - 85	14-18	407	180
70	67 - 70	95 - 110	22-31	482	250
80	70 - 80	115 - 140	23-49	541	310
90	77 - 90	130 - 170	43-71	605	390
100	85 - 100	160 - 205	62-105	670	480
110	91 - 110	180 - 245	80-151	728	570

Fuente: Normas para el Diseño Geométrico para las Carreteras Regionales SIECA 2004.

3.8. Diseños de Curvas en Cúmulos o Cóncavas.

Se han identificado los siguientes cuatro criterios para usarse en las longitudes de curvas de cúmulos.

- El primero se basa en la distancia iluminada por los faros delanteros del vehículo.
- La siguiente se toma en cuenta básicamente una sensación subjetiva de comodidad en la conducción, cuando el vehículo cambia de dirección en el alineamiento vertical.
- Considera requerimientos de drenaje
- El último se basa en consideraciones estéticas.

Se presentan dos casos a considerar en el primer criterio, dependiendo si la distancia iluminada por los faros del vehículo es mayor o no que la longitud de la curva. Cuando la longitud de la curva, L es mayor que la distancia de visibilidad iluminada, S , se utiliza la ecuación siguiente:

$$L = \frac{GS^2}{(120 + 3.5S)} \quad \text{Ecuación (21)}$$

Donde:

L: Longitud mínima de la curva vertical en columpio, m

S: Distancia de visibilidad iluminada por los faros del vehículo, m

G: Diferencia algebraica entre pendientes de la curva, %

Cuando L es menor que S la ecuación utilizada es la siguiente:

$$L_{min} = \frac{2S - (120 + 3.5S)}{G} \quad \text{Ecuación (22)}$$

Estos términos tienen igual significado que los anteriores. Se considera una altura de los faros de 0.6 metros y un ángulo de 1° de divergencia de los rayos de luz. En el desarrollo de las ecuaciones este criterio y para su aplicación en diseño, se recomienda utilizar los rangos de distancia de visibilidad de parada, que sean aproximadamente iguales a la distancia iluminada por los faros de los vehículos cuando viajan a la velocidad de diseño.

El segundo criterio basado en la comodidad, tiene su fundamento en la suspensión de la carrocería de los vehículos, el peso que mueve, la flexibilidad de la llantas, los tipos de asiento, entre otros. Se logra cuando la aceleración centrífuga alcanza 0.3 m/seg², que incorporado a la ecuación de diseño, resulta:

$$L = \frac{GV^2}{395} \quad \text{Ecuación (23)}$$

Siendo el significado de los componentes de esta ecuación iguales a los utilizados con anterioridad. Las longitudes de curva calculadas utilizando este criterio equivalen al 50 % de los correspondientes a la modalidad anterior.

El tercer criterio percibe la satisfacción de las necesidades del drenaje en las curvas de columpio. Un criterio recomendado para el diseño consiste en dotar una pendiente de 0.3 % dentro de los 15 metros del punto a nivel del terreno, sus resultados son muy similares a los obtenidos de la ecuación $L = KG$, cuando $K = 51$ y la velocidad de diseño es de 100 kilómetros por hora.

Hay que aclarar que las longitudes calculadas para efecto de drenaje son máximas hasta 100 kilómetros por hora y no mínimas, como en los demás criterios de diseño de curvas verticales. Después de 100 hasta 120 kilómetros por hora, las longitudes son mínimas al igual que los otros criterios.

Cuando se trata de tomar en cuenta aspectos de estética en estas curvas, existe la formula empírica $L = 30 G$, siendo L la longitud mínima y G la diferencia algebraica dependiente. Los resultados obtenidos son similares a los que corresponde al criterio de la distancia iluminada por los faros de vehículos para las velocidades de 70 – 80 kilómetros por hora.

En atención a la diferencia de longitudes de curva que se obtiene aplicando los criterios mencionados, se recomienda diseñar curvas verticales en columpio utilizando el primer criterio descrito dando especial consideración al drenaje cuando K es mayor de 51.

Como se ha indicado en la descripción del primer criterio, la distancia de visibilidad de parada en la tabla 6, es la que controla la recomendación de longitudes mínimas para curva en columpio, considerando valores menores y mayores de este parámetro. De igual manera en que fueron calculados los valores de diseño en la curvas en cresta, también es conveniente expresar los controles de diseño en la curvas en columpio en términos de K para todo los valores de G .

Todas las ecuaciones anteriormente descritas del Normas para el Diseño Geométricos para las Carreteras Regionales SIECA 2004 pág. 4-70.

3.9. Criterios para el Diseño del Alineamiento Vertical.

La AASHTO 93 citada por el Manual de Normas para el Diseño Geométricos para las Carreteras Regionales SIECA 2004, presenta algunos consejos valiosos en el tomo de diseño del alineamiento vertical, de donde cabe destacar algunos por su relevancia para la práctica vial centroamericana:

- Las curvas verticales en columpio deben evitarse en secciones en corte a menos que existan facilidades para las soluciones de drenaje
- Las pendientes largas, pueden ser preferible colocar las pendientes mayores al pie de la pendiente y aliviarlas hacia el final o, alternativamente, intercalar pendientes suaves por cortas distancia para facilitar el ascenso
- En tangente, deberían generalmente evitarse, particularmente en curvas en columpio donde la visión de la carretera puede ser desagradable al usuario

Tabla 13: Controles de Diseño de Curvas Verticales en Columpio Basados en la Distancia de Visibilidad de Parada, DVP.

Velocidad de Diseño (km/h)	Velocidad de Marcha (km/h)	Distancia de parada para diseño (m)	Coeficiente de fricción	Valores DPV (m)		Facto K de diseño
				Menores	Mayores	
30	30 - 30	30 - 30	0.40	30	30	4 – 4
40	40 - 40	45 - 45	0.38	45	45	8 – 8
50	47 - 50	60 - 65	0.35	60	65	11 – 12
60	55 - 60	75 - 85	0.33	75	85	15 – 18
70	67 - 70	95 - 110	0.31	95	110	20 – 25
80	70 - 80	115 - 140	0.30	105	140	25 – 32
90	77 - 90	130 - 170	0.30	130	170	30 – 40
100	85 - 100	160 - 205	0.29	160	205	37 – 51
110	91 - 110	180 - 245	0.28	180	245	43 – 62

Fuente: Normas para el Diseño Geométricos para las Carreteras Regionales SIECA 2004. pag 4-74.

- Los alineamientos ondulados, que involucran longitudes sustanciales de pendientes que generan momento, pueden ser indeseables en el caso de vehículos pesados que puedan incrementar excesivamente su velocidad, sobre todo cuando una pendiente positiva adelante no contribuye a la moderación de dicha velocidad.
- Hay que evitar el "efecto de montaña rusa", que ocurre en alineamientos relativamente rectos, donde el perfil longitudinal de la rasante se ajusta a la suaves irregularidades de un terreno ligeramente ondulado.

Para el cálculo de las curvas horizontales y verticales se hizo uso del software Civil 3D, tomando en cuenta los criterios antes mencionados los resultados obtenidos.

En el diseño horizontal las curvas cumplen con los criterios del manual Normas para el Diseño Geométricos para las Carreteras Regionales SIECA 2004, generados con el software Civil 3D. (Ver Anexo I Datos de curvas horizontales, pág. I-XIII)

En el alineamiento vertical se obtuvo 8 curvas donde 4 de ellas son crestas o convexas y 4 son columpios cóncavas, todas ellas cumplen con los criterios del manual Normas para el Diseño Geométricos para las Carreteras Regionales SIECA 2004, generados con el software Civil 3D. (Ver Anexo II. Datos de curvas Verticales, pág. XIV-XVI).

3.10. Determinación de la rasante.

Con los resultados de los estudios topográficos, geotécnicos, pavimento y diseño geométrico de la vía se obtuvo un nivel de rasante final cercana al terreno natural existente.

El proyecto cuenta con una rasante que no mantiene la elevación actual de terreno en la mayoría de las estaciones, ya que se diseñó buscando soluciones que sirvan para evacuar las corrientes de agua superficial del área de rodamiento de la carretera.

3.11. Elaboración de los planos.

En base a la información del levantamiento topográfico se realizó el Diseño Geométrico de la Vía, para la elaboración de los planos finales, en los cuales se muestra el Alineamiento Horizontal, El Perfil Longitudinal y las Secciones Transversales, así como los detalles típicos del tramo en estudio, haciendo uso del software Civil 3D. (Ver Anexo, Planos H-1 al H-26).

3.12. Señalización Vial.

El presente estudio nos brinda información de los diferentes tipos de señalización a utilizar en el tramo de la vía de estudio.

La señalización vial responde a la necesidad de organizar y brindar seguridad fluidez y confort en los caminos, calles, pistas o carreteras de quienes transitan por dichas vías, por tanto es necesario realizar un estudio para valorar la señalización en las vías de carreteras, verificando que se adopten a las Normas Centro Americanas de Dispositivos Uniformes para el Control de Tránsito.

Para el desarrollo de estudio de señalización se identifican los diferentes tipos de señales a utilizar a partir del diseño geométrico y el reconocimiento de la zona del proyecto.

3.12.1. Señales Verticales.

En el tramo de estudio se identifican señales reglamentarias y señales de prevención como se muestran a continuación.

Imagen 4: Representación de Señalización Reglamentaria, estación 0+010.



Fuente: Elaboración propia.

Imagen 5: Representación de Señalización preventiva, estación 0+900, 1+100.



Fuente: Elaboración propia.

Imagen 6: Representación de Señalización preventiva, estación 1+090, 1+410.



Fuente: Elaboración propia.

Imagen 7: Representación de Señalización preventiva, estación 1+800, 1+910.



Fuente: Elaboración propia.

Imagen 8: Representación de Señalización reglamentaria, estación 2+040.



Fuente: Elaboración propia.

3.12.2. Dispositivos de control de tránsito.

Son elementos ópticos o acústicos utilizados para regular el uso de la vía por parte de vehículos y peatones. Cumplen funciones diversas como: informar, restringir, permitir, prevenir, demarcar, definir, etc.

Los dispositivos de control y seguridad en el tránsito se clasifican de la siguiente manera:

- Preventivas
- Reglamentarias
- Informativas
- Señalización Horizontal o Marcas Viales

3.12.3. Señales Horizontales.

La señalización horizontal corresponde a la aplicación de marcas viales, conformadas por líneas, flechas, símbolos y letras que se pintan sobre el pavimento, bordillo y estructuras de las vías de circulación o adyacente a ellas, así como los objetos que se colocan sobre la superficie de rodadura con el fin de regular, canalizar el tránsito o indicar la presencia de obstáculos.

Clasificación.

Se clasifican en marcas longitudinales, transversales y otros tipos de dispositivos como los reductores de velocidad y las marcas viales se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 14: Clasificación de señales horizontales.

Líneas longitudinales	Líneas de eje central	Líneas de eje central continua
		Línea de eje central discontinua
		Líneas de ejes continuas dobles
		Líneas de eje central combinadas
	Líneas de borde o calzada	Líneas de borde o calzada continua
		Líneas de borde o calzada discontinua
Líneas transversales	Cruce controlado por la señal CEDA EL PASO	
	Cruce controlado por señal PARE	
	Cruce regulado por semáforo	Pasos peatonales
	Pasos para peatones	Pasos cebra
	Cruce de Ciclovías	
	Flechas	Flecha recta
		Flecha de viraje
		Flecha recta y de salida
		Flecha de incorporación
	Leyendas	Pares
		velocidad máxima
		Escuela
		Buses
		Estacionamientos
Otros	Reductores de velocidad	
	Marcadores Viales	

Fuente: Normas Centro Americanas de Dispositivos Uniformes para el Control de Tránsito.

A continuación se muestran en las tablas 15 y 16, los tipos de señalización así como su ubicación, (Ver Anexo. Planos H-27 al H-30).

Tabla 15: Señales horizontales.

Desde	Hasta	Longitud (m)	Descripción	Ubicación
0+000	2+053	2053	Líneas de borde o calzada Continua	Izquierda
0+000	2+053	2053	Línea Amarilla Continua	Centro
0+000	2+053	2053	Líneas de borde o calzada Continua	Derecha

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 16: Señales verticales.

No	Código	Estación	Descripción	Tipo
1	R-1-1	0+010	ALTO	Reglamentaria
2	R-1-1	2+040	ALTO	Reglamentaria
3	P-1-2	0+900	Curva Derecha	Preventiva
4	P-1-2	1+100	Curva Izquierda	Preventiva
5	E-1-1, E-3-3	1+090	Zona Escolar	Preventiva
6	E-1-1, E-3-3	1+410	Zona Escolar	Preventiva
7	P-1-2	1+210	Curva Derecha	Preventiva
8	P-1-2	1+800	Curva Derecha	Preventiva
9	P-1-2	1+910	Curva Izquierda	Preventiva

Fuente: Elaboración propia.

Cálculo Datos de Curvas para Replanteo.

Datos Generales del Proyecto.

Vd = 40 Km/h (Vd = Velocidad de Diseño)

E_{max} = 8% (E_{max} = Peralte máximo)

f = 0.17 (Coeficiente de Fricción)

$$G_{max} = 145,692.26 \frac{E_{max} + f}{Vd^2}$$

$$G_{max} = 145,692.26 \frac{0.08 + 0.17}{(40)^2}$$

$$G_{max} = 22^{\circ} 45' 51.9''$$

Datos de Curva (Obtenido de Civil 3D).

Tangente = 89.947 m

$$\Delta = 118^{\circ} 59' 01''$$

Calculamos el Radio despejando la Tangente.

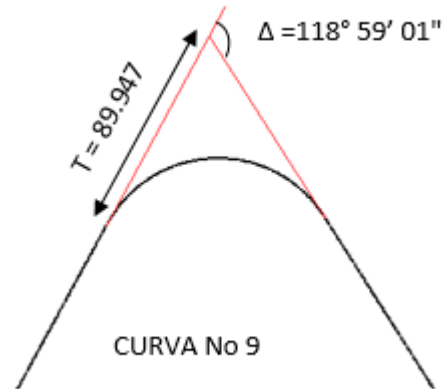
$$Tangente = R \left(tg \frac{\Delta}{2} \right)$$

Despejamos R (Radio)

$$R = \frac{T}{\left(tg \frac{\Delta}{2} \right)}$$

$$R = \frac{89.947}{\left(tg \frac{118^{\circ} 59' 01''}{2} \right)} \quad R = \frac{89.947}{(1.6971)}$$

$$R = 53.00 \text{ m}$$



Grado de Curvatura.

$$G_c = \frac{1145.92}{R} \quad G_c = \frac{1145.92}{53.00}$$

$$G_c = 21^{\circ} 37' 16.08''$$

$$G_c < G_{max} \therefore 21^{\circ} 37' 16.08'' < 22^{\circ} 45' 51.9'' \therefore \text{Aprueba } \checkmark$$

External.

$$E = R \times \frac{1}{\cos \frac{\Delta}{2}} - 1 \quad E = 53 \times \left(\frac{1}{\cos \frac{118^{\circ} 59' 01''}{2}} \right) - 1$$

$$E = 51.40 \text{ m}$$

Longitud de la Curva.

$$L_c = \frac{\pi R \Delta}{180^{\circ}} \quad L_c = \frac{(\pi)(53.00)(118^{\circ} 59' 01'')}{180^{\circ}}$$

$$L_c = 110.0627 \text{ m}$$

Mediana.

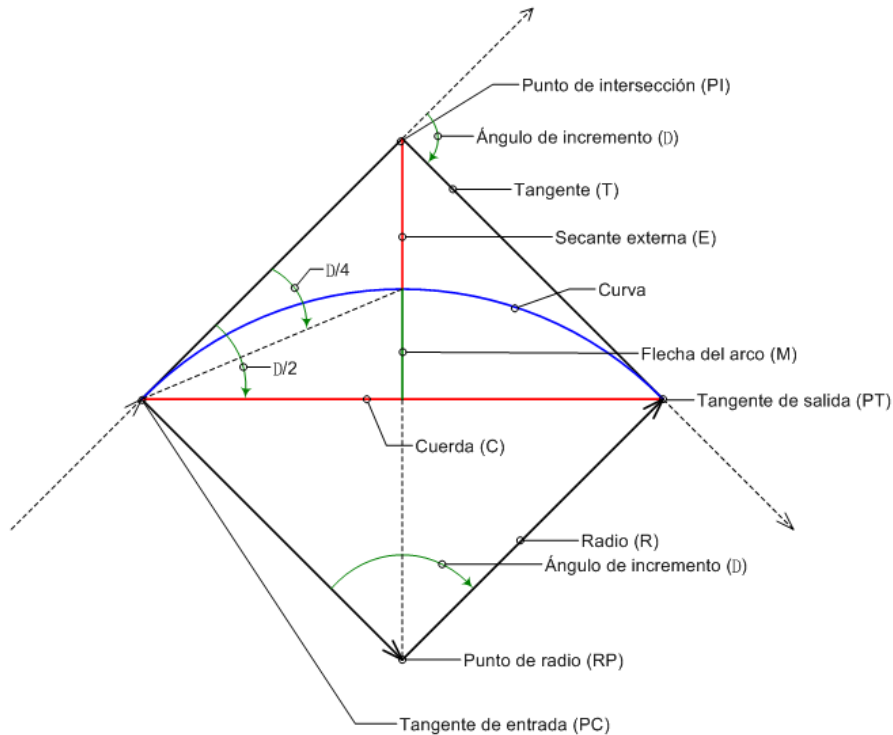
$$M = R \left(1 - \cos \frac{\Delta}{2} \right) \quad M = 53 \left(1 - \cos \frac{118^{\circ} 59' 01''}{2} \right)$$

$$M = 26.0939 \text{ m}$$

Cuerda.

$$C = 2R \times \sin \frac{\Delta}{2} \quad C = 2 \times (53) \times \sin \frac{118^{\circ} 59' 01''}{2}$$

$$C = 91.325 \text{ m}$$



Cálculo del Peralte.

$$e = \frac{e_{\max}}{(G_{\max})^2} \times (2G_{\max} - G_c) \times G_c$$

$$e = \frac{8}{(22^\circ 45' 51.9'')^2} \times (2(22^\circ 45' 51.9'') - 21^\circ 37' 16.08'') \times 21^\circ 37' 16.08''$$

$$e = 7.97\% \approx 8.00\%$$

Cálculo de Sobre-ancho.

$$Sa = n(R - \sqrt{R^2 + L^2}) + \frac{Vd}{10\sqrt{R}}$$

n = No de Carriles.

L = Ancho del Vehículo de Diseño.

R = Radio de la Curva.

$$Sa = 2(53 - \sqrt{(53)^2 + (7)^2}) + \frac{40}{10\sqrt{53}}$$

$$Sa = 1.47 \approx 1.50 \text{ m}$$

Longitud de Transición Mínima.

$$m = 1.5625 \times Vd + 75$$

$$m = 1.5625 \times 40 + 75$$

$$m = 137.50 \approx 140$$

$$Lt = m \times a \times e$$

m = Factor que depende de la velocidad de diseño

a = Semi-ancho de la calzada en recta

e = Peralte calculado

$$Lt = 140 \times 3.15 \times 0.08$$

$$Lt = 35.28 \approx 40 \text{ m}$$

Longitud de Transición de Bombeo.

$$N = a \times b \times m$$

a = Semi-ancho de la calzada en recta

b = Porcentaje de bombeo

m = Factor de Vd

$$N = 3.15 \times 0.03 \times 140$$

$$N = 13.23 \approx 15.00 \text{ m}$$

Localización y Cálculo de los estacionamientos afectados a la transición del bombeo al peralte.

$$PC = 0+928.04$$

$$PT = 1+038.10$$

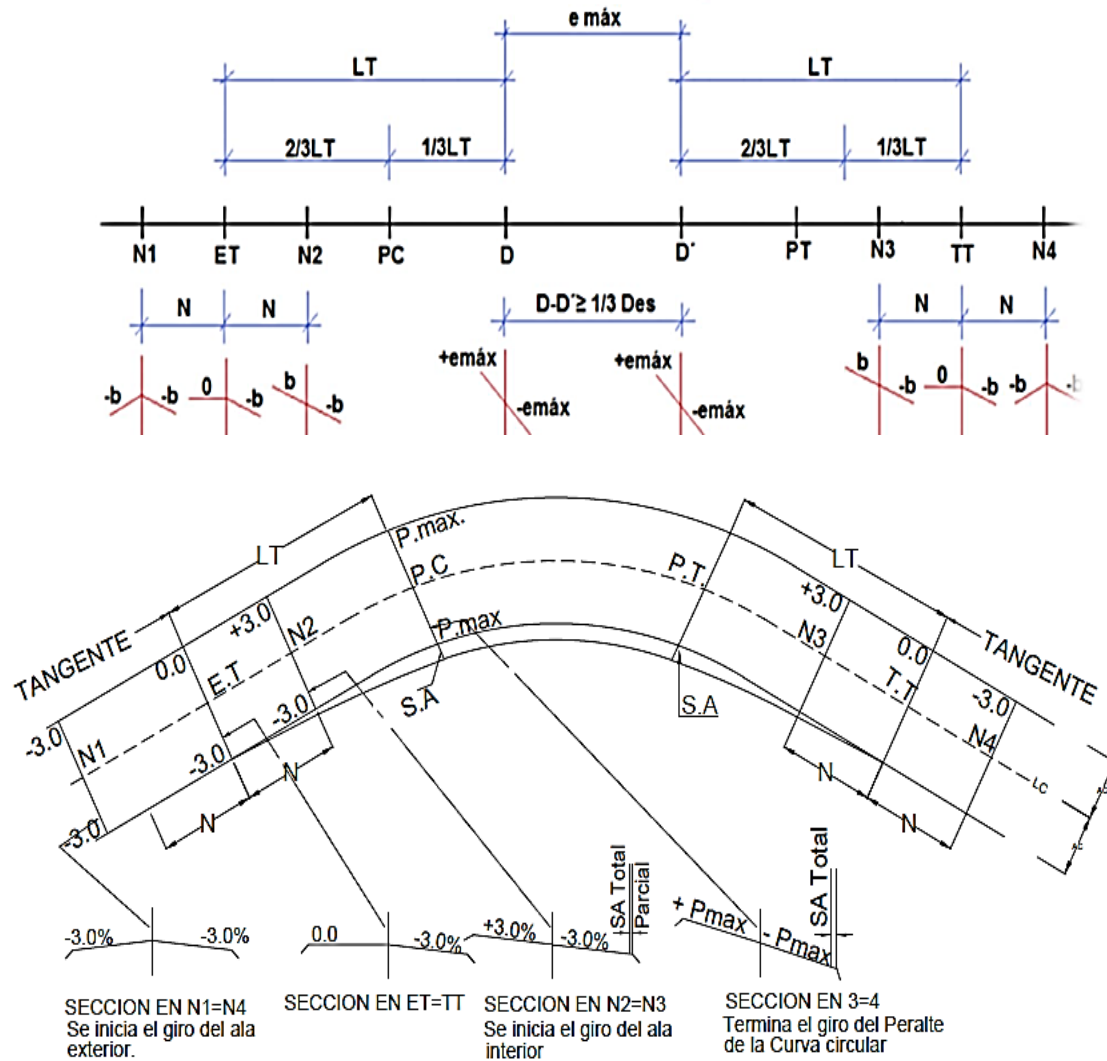
$$Sa = 1.50 \text{ m}$$

$$Lt = 40 \text{ m}$$

$$N = 15 \text{ m}$$

$$e = 8 \%$$

Curva Circular Simple



Cálculo Estación de N1.

$$N1 = PC - (0.70Lt + N) \quad N1 = 928.04 - (28 + 15)$$

$$N1 = 885.04$$

$$N1 = \text{Est. } 0+885.04$$

Cálculo Estación de ET.

$$ET = PC - (0.70Lt) \quad ET = 928.04 - (28)$$

$$ET = 900.04$$

$$ET = \text{Est. } 0+900.04$$

Cálculo Estación de N2.

$$N2 = ET + (N) \quad N2 = 900.04 + (15)$$

$$N2 = 915.04$$

$$N2 = \text{Est. } 0+915.04$$

Cálculo Estación de D.

$$D = PC + (0.30Lt) \quad D = 928.04 + (12)$$

$$D = 940.04$$

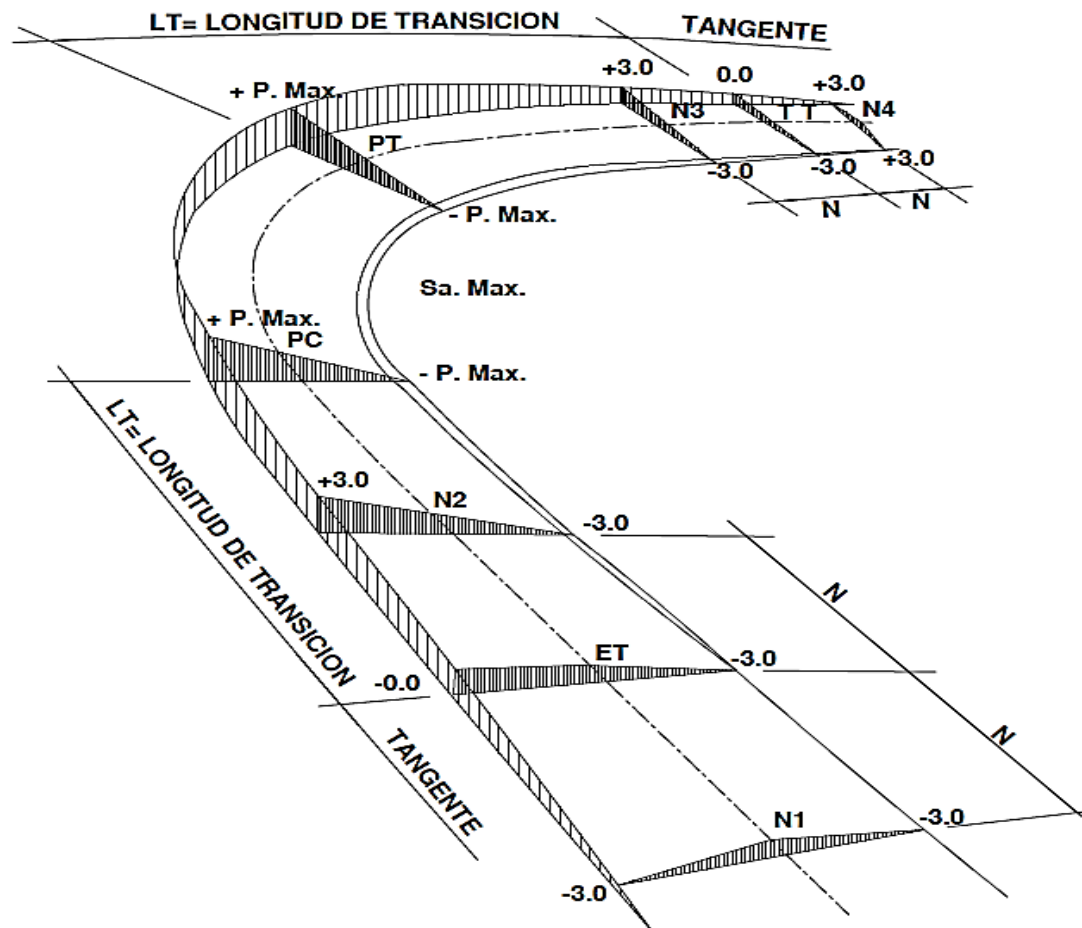
$$D = \text{Est. } 0+940.04$$

Cálculo Estación de D'.

$$D' = PT - (0.30Lt) \quad D' = 1038.10 - (12)$$

$$D' = 1026.10$$

$$D' = \text{Est. } 1+026.10$$



Cálculo Estación de TT.

$$TT = PT + (0.70Lt) \quad TT = 1038.10 + (28)$$

$$TT = 1066.10$$

$$TT = \text{Est. } 1+066.10$$

Cálculo Estación de N3.

$$N3 = TT - (N) \quad N3 = 1066.10 - (15)$$

$$N3 = 1051.1$$

$$N3 = \text{Est. } 1+051.10$$

Cálculo Estación de N4.

$$N4 = TT + (N) \quad N4 = 1066.10 + (15)$$

$$N4 = 1081.10$$

$$N4 = \text{Est. } 1+081.10$$

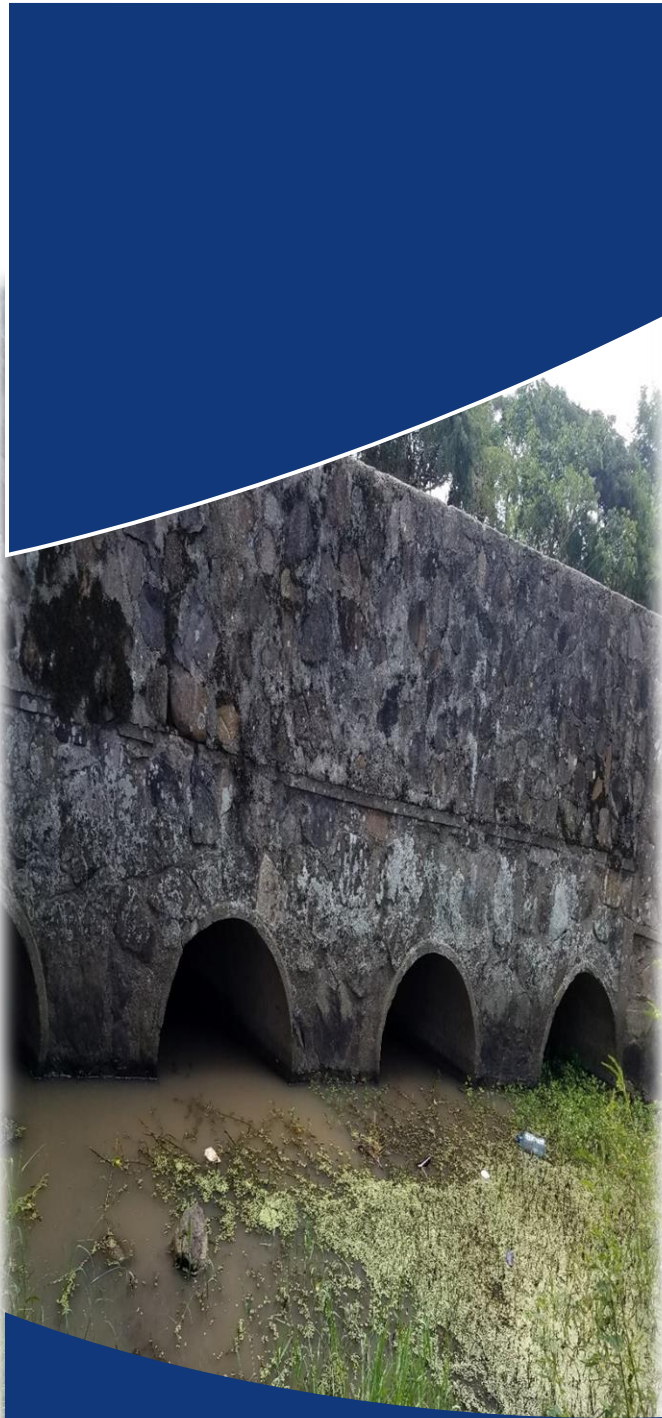
Fórmulas para cálculo de Sobre-ancho y Peralte por Estación.

$$e = \frac{e_{max}}{Lt} \times di$$

$$Si = \frac{Sa_{max}}{Lt} \times di$$

Curva No	9
Radio	53
N	15
Lt	40
Pc	0+928.04
Pt	1+038.10
N1	0+885.04
Et	0+900.04
N2	0+915.04
D	0+940.04
D'	1+026.10
TT	1+066.10
N3	1+051.10
N4	1+081.10
Sobre-ancho	1.50
Peralte	8.00

Elemento	Estación	Peralte		Sobre-ancho Interior	Distancia (ml)
		H. Izq.	H. Der.		
N1	0+885.04	-3.00	-3		15.00
	0+890.00	-2.01	-3		10.04
	0+900.00	-0.01	-3		0.0
ET	0+900.04	0.00	-3	0	0.00
	0+910.00	1.99	-3	0.37	9.96
N2	0+915.04	3.00	-3	0.56	15.00
	0+920.00	3.99	-3.99	0.75	19.96
PC	0+928.04	5.60	-5.60	1.05	28.00
	0+930.00	5.99	-5.99	1.12	29.96
D	0+940.04	8.00	-8.00	1.5	40.00
D'	1+026.10	8.00	-8.00	1.5	40.00
	1+030.00	7.22	-7.22	1.35	36.10
PT	1+038.10	5.60	-5.60	1.05	28.00
	1+040.00	5.22	-5.22	0.98	26.10
	1+050.00	3.22	-3.22	0.6	16.10
N3	1+051.10	3.00	-3.00	0.56	15.00
	1+060.00	1.22	-3.00	0.23	6.10
TT	1+066.10	0.00	-3.00	0	0.00
	1+070.00	-0.78	-3.00		3.90
N4	1+081.10	-3.00	-3.00		15.00



CAPITULO IV.
ESTUDIO
HIDRAULICO E
HIDROLOGICO

CAPITULO IV. ESTUDIO HIDRÁULICO E HIDROLÓGICO.

4.1. Diseño hidrológico e hidráulico.

Uno de los aspectos más importantes es sin duda la necesidad de proveer un drenaje adecuado, con el presente estudio se analizaron cuatro alcantarillas existentes en el tramo, con el fin de verificar su capacidad hidráulica para el caudal de aporte que actualmente reciben. El estudio consta de dos partes, el análisis hidrológico y el análisis hidráulico.

4.2. Análisis Hidrológico.

Para esto es necesario hacer uso de software Global Mapper, del cual se obtuvieron datos como área, elevación mínima y máxima.

A partir de la información del Ponds design Contruction del (NRCS) Natural Resource Conservation, Agriculture Departament US y la Guía Hidráulica para el Diseño de Obras de Drenaje en Caminos Rurales (PAST-DANIDA), se obtuvieron los datos de coeficiente de escorrentía de 0.32 para un periodo de retorno de 15 años, Numero de Curva CN de 79 para un periodo de retorno de 25 años, en el tipo de superficie pasto/matorral. Para la estimación de la curva, tomamos como tipo de cubierta vegetal, (Praderas, pastos continuos) en el tipo de suelo zona “B”, que corresponde a la zona de estudio departamento de Jinotega, (Tabla 17 y 18).

Tabla 17: Coeficiente de escorrentía.

Tipo de superficie	Periodo de retorno en años		
	2	15	25
Pasto/matorral			
Plana 0-2%	0.25	0.32	0.34
Promedio, 2-7%	0.33	0.4	0.42
Pronunciada mayor 7%	0.37	0.44	0.46

Fuente: Guía Hidráulica para el Diseño de Obras de Drenaje en Caminos Rurales (PAST-DANIDA), pág. 6.

Tabla 18: Estimación de Numero de Curva (CN).

Tipo de cubierta vegetal	Tipo de suelo		Región 1	RAAS	RAAN
	B	C			
Praderas, pastos continuos	79	86	83	84	84
Arbustos	67	77	72	74	74
Bosque Ralo	73	82	78	79	79
Bosque espeso	66	77	72	73	73
Pantanos			90	90	90

Fuente: Guía Hidráulica para el Diseño de Obras de Drenaje en Caminos Rurales (PAST-DANIDA), pág. 9.

Con los datos obtenidos anteriormente se calculó la longitud, tiempo de concentración, intensidad de lluvia, para estimar el caudal correspondiente, con los caudales obtenidos se diseñarán cada una de las estructuras y se verifico si la capacidad hidráulica es la necesaria para el caudal de las alcantarinas existentes, sino cumplen se dimensionarán nuevas estructuras.

4.3. Áreas de drenaje.

Con el estudio hidrológico se obtienen 4 áreas de drenaje, las cuales captan escorrentías drenadas a través de 4 arroyos que atraviesan el eje de la vía, (Ver Anexo, pág. XVII y XVIII).

En el área cuya superficie supere 300 hectáreas para calcular el caudal máximo de escurrimiento se utilizó el método SCS/NRCS y para aquellas áreas menores de 300 hectáreas se utilizó el método racional.

Así mismo para el dimensionamiento de las alcantarillas de concreto se utilizó el nomograma de la FHWA, HDS 5.1998. Basados en los diámetros encontrados se asumieron diámetros nominales comerciales de alcantarillas que cumplen con la norma ASTM-C76 clase A $F'c = 280 \text{ kg/cm}^2$.

A continuación, se muestran las siguientes tablas que describen las características de cada una de las áreas de drenaje y el escurrimiento que ellas generan, así como el dimensionamiento de las alcantarillas necesarias para la protección de la vía en (Tabla 19).

Tabla 19: Parámetros de la cuenca para cada estructura de drenaje.

Tipo de Estructura	Área de la cuenca	Elev max (m)	Elev min (m)	Longitud (m)	TC(min)	I (mm/h)	Caudal m3/s
Alcantarilla #1	4.52 km2	1113.71	972	3720	38.52	68.48	44.78
Alcantarilla #2	47.48 He	978	970	808.91	19.99722358	89.58	3.78
Alcantarilla #3	122.93 He	988	970	1394.68	27.46	73.62	8.05
Alcantarilla #4	24.48 He	970	964.92	325.09	8.31	211.23	4.6

Fuente: Elaboración propia.

4.4. Diseño hidráulico.

Para el diseño de alcantarillas se utilizó la Guía Hidráulica para el Diseño de Estructuras de Drenaje en Caminos Rurales (PAST-DANIDA), siguiendo el procedimiento:

1. Se propone el tipo de diámetro de la tubería (D) y el número de conductos. Se calcula la altura total del agua (carga He) que corresponde a la altura (D) más cierta altura sobre la corona (0.45 m) lo que correspondería a:

$$He = D + 0.45m$$

Ecuación (24)

2. Con el valor estimado de He se calcula la relación He/D.
3. Se hace uso de los nomogramas presentados en la guía, se traza una línea recta hasta la escala del lado izquierdo que aparezca el diámetro "D" y el valor que intercepta la línea en la escala de en medio rotulada "Descarga Q en m3/s" que corresponde al caudal máximo en m3/s, como se muestra en el anexo, pág. XIX y XX.
4. El valor de este caudal se multiplica por el número de conducto, si fuesen más de una y el valor encontrado corresponde al caudal final.
5. Si el caudal máximo es mayor o igual al caudal de diseño entonces la elección del diámetro y número de la tubería fue correcta, caso contrario se debe proponer una nueva dimensión o cantidad de tubo.

Al realizar los cálculos se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 20: Datos para el dimensionamiento de una alcantarilla según el método FHWA, HDS 5.1998.

Tipo de estructura	Carga He	Relación He/D	Caudal máximo
Alcantarilla N °1	1.45 m	1.45 m	44.78 m³/s
Alcantarilla N °2	1.45 m	1.45 m	3.78 m³/s
Alcantarilla N °3	2.45 m	1.225 m	8.05 m³/s
Alcantarilla N °4	0.95 m	1.9 m	4.60 m³/s

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados después de la aplicación del nomograma altura de carga y capacidad para tubo de concreto con control de entrada sistema métrico adaptado de FHWA, HDS 5.1998 para el dimensionamiento de las alcantarillas basadas en el caudal se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 21: Dimensionamiento de alcantarillas de la Concretara Total TCR.

Diámetro plg	Diámetro Interno	Diámetro Externo
54"	1.37 m	1.65 m
72"	1.86 m	1.17 m

Fuente: Concretara Total TCR.

Tabla 22: Capacidad hidráulica y características de las alcantarillas actuales.

Tipo de Estructura	Total de Alcantarillas	Diámetro Interno (m)	Capacidad (m³/s)
Alcantarilla #1	4	1.30	16
Alcantarilla #2	2	1.43, 1.87	18
Alcantarilla #3	1	0.76	1.55
Alcantarilla #4	1	1.43	5

Fuente: Elaboración propia.

Al comparar el caudal máximo de las alcantarillas existentes, con el caudal de diseño para la comprobación ($Q_{MAX} \geq Q_d$), se determina que el cálculo no cumple para la alcantarilla 1 y 3, en cambio para las alcantarillas 2 y 4 si cumple tal como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 23: Comparación de Caudales.

Tipo de estructura	Caudal de diseño (m3/s)	Caudal máximo (m3/s)	Condición
Alcantarilla N°1	44.78	16	No cumple
Alcantarilla N°2	3.78	18	Si cumple
Alcantarilla N°3	8.05	1.55	No cumple
Alcantarilla N°4	4.6	5	Si cumple

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a los resultados mostrados anteriormente las alcantarillas 1 y 3 serán rediseñadas, según cómo se muestran en los planos, (Ver anexo, plano H-31), por tanto a las alcantarillas 2 y 4 únicamente se realizará mantenimiento de la sección retirando el azolve en los controles de entrada, así como una limpieza 100 metros aguas arriba y aguas abajo.

4.5. Calculo de la Primera Cuenca

Método Norteamericano

Datos:

Periodo de retorno = 25 años

A= 4.52 km²

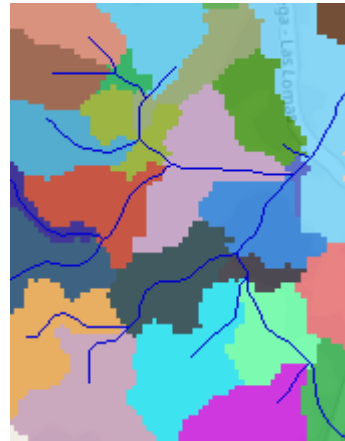
L= 4 km

L= 3720 m

Elev Max= 1113.711 m

Elev Min= 972 m

CN = 79 pastos



$$S = 5.08 \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right)$$

$$S = 5.08 \left(\frac{1000}{79} - 10 \right) = 13.50 \text{ mm}$$

$$H = \text{Elev Max} - \text{Elev Min}$$

$$H = 1,113.711 \text{ m} - 972 \text{ m} = 141.711 \text{ m}$$

$$T_c = 0.0195 \left(\frac{L^3}{H} \right)^{0.385} \text{ minutos}$$

$$T_c = 0.0195 \left(\frac{3720^3}{141.711} \right)^{0.385} = 38.52 \text{ minutos}$$

$$T_c = \frac{38.52}{60} = 0.64 \text{ horas}$$

$$Tr = 0.6T_c \quad Tr = 0.6(0.64 \text{ horas}) = 0.384 \text{ horas}$$

$$d_e = 2\sqrt{T_c} \quad d_e = 2\sqrt{0.64_{\text{horas}}} = 1.60 \text{ horas}$$

$$T_p = \frac{d_e}{2} + T_r \quad T_p = \frac{1.60_{\text{horas}}}{2} + 0.384_{\text{horas}} = 1.187 \text{ horas}$$

$$T_b = \frac{8}{3} T_p \quad T_b = \frac{8}{3} 1.187_{\text{horas}} = 3.164 \text{ horas}$$

$$Q_p = 0.208 \frac{A_c}{T_p} \quad Q_p = 0.208 \frac{4.52 \text{ km}^2}{1.187 \text{ horas}} = 0.792 \text{ m}^3/\text{s/h}$$

$$I = \frac{279.8252 * T^{0.264667}}{t C_{\text{minutos}}^{0.61885}} \quad I = \frac{279.8252 * 25_{\text{años}}^{0.264667}}{38.52_{\text{minutos}}^{0.61885}} = 68.482 \text{ mm/h/}$$

$$p = I_{25 \text{ años}} * de_{\text{horas}} \quad p = 68.48_{\text{mm/h}} * 1.60_{\text{horas}} = 109.74 \text{ mm}$$

$$E = \frac{(P - S)^2}{P + 4S} \quad E = \frac{(109.79 \text{ mm} - 13.509 \text{ mm})^2}{109.79 \text{ mm} + 4(13.509 \text{ mm})} = 56.56 \text{ mm}$$

$$\frac{T}{TP} = 1$$

$$\frac{q}{qp} = 1$$

$$t = \frac{T}{TP} * T_p \quad t = 1 * 1.187 \text{ horas} = 1.187 \text{ horas}$$

$$Q_{\text{m}^3/\text{s}/\text{mm}} = \frac{T}{TP} * T_p \quad Q_{\text{m}^3/\text{s}/\text{mm}} = 1 * 0.792 = 0.792 \text{ m}^3/\text{s}/\text{mm}$$

$$0.792 \text{ m}^3/\text{s}/\text{mm} * E$$

$$0.792 \text{ m}^3/\text{s}/\text{mm} * 56.56 \text{ mm}$$

$$Q_{\text{max}} = 44.78 \text{ m}^3/\text{s}$$

Donde:

A: Area de la Cuenca .

L: Longitud de Drenaje.

Elev Max: Elevación Máxima.

Elev Min: Elevación Mínima.

CN: Numero de curva.

S: Pendiente Hidráulica.

H: Diferencia de Nivel entre la Cota más elevada de la cuenca y la Cota del sitio de análisis.

Tc: Tiempo de Concentración.

Tr: Tiempo de Retardado.

de: Duración de la Lluvia.

Tp: Tiempo Pico.

Tb: Tiempo Base.

Qp: Caudal pico.

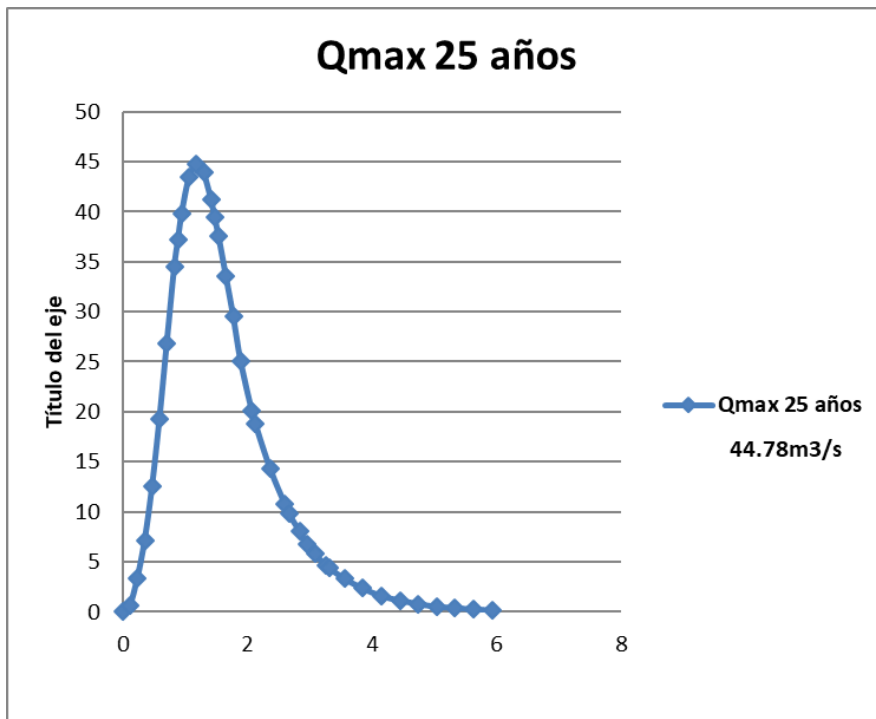
I: Intensidad de lluvia.

P: precipitación.

E: Escorrentía.

t: tiempo.

Qmax: Caudal máximo.



Dimensionamiento de alcantarilla.

Q_{\max} : caudal máximo = 44.78 m³/s.

Carga sobre la corona = 0.45.

D: Diámetro asumido = 1.

H_e = Profundidad de la carga en el control de entrada.

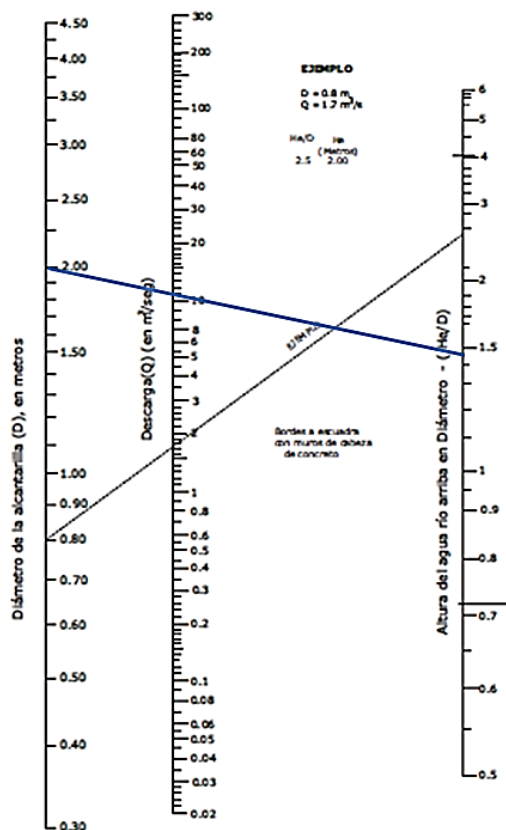
$$H_e = 0.45 + D$$

$$H_e = 0.45 + 1 = 1.45 \text{ m}$$

$$H_e/D = 1.45/1 = 1.45 \text{ m}$$

Nomograma 1: FHWA, HDS 5.1998 de la primera Alcantarilla.

Altura de la carga y capacidad para tubos de concreto con control de entrada (sistema métrico) (adaptado de FHWA, HDS 5. 1998)



De acuerdo al resultado del Nomograma se obtuvo un valor de 11.2 m³/s que corresponde al caudal, por lo cual se propone para su dimensionamiento una alcantarilla múltiple de 4 tubos de 72 pulgadas que cumple satisfactoriamente con el caudal de diseño determinado.

4.6. Cálculo de la tercera Cuenca

Método Racional

Datos:

Periodo de retorno = 15 años

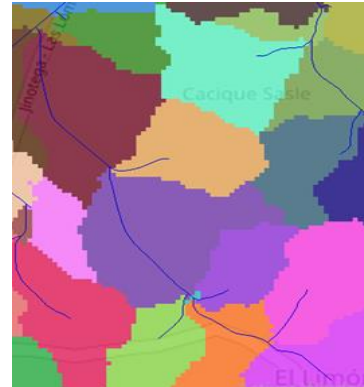
A= 122.93 hectáreas

L= 1394.679 m

Elev Max= 988 m

Elev Min= 970 m

C = 0.32 pasto / matorral



$H = \text{Elev Max} - \text{Elev Min}$

$$H = 988 \text{ m} - 970 \text{ m} = 18 \text{ m}$$

$$tc = 0.019 \left(\frac{L^3}{H} \right)^{0.385}$$

$$tc = 0.019 \left(\frac{1394.679^3}{18} \right)^{0.385} = 27.46 \text{ minutos}$$

$$I = \frac{286.1920 * T^{0.255642}}{t^{0.61885}}$$

$$I = \frac{286.1920 * 15^{0.255642}}{18^{0.61885}} = 73.62 \text{ mm/h}$$

$$Q = \frac{C * I * A}{360}$$

$$Q = \frac{0.32 * 73.62 * 122.93}{360} = 8.05 \text{ m}^3/\text{s}$$

Donde:

A: Area de la Cuenca .

L: Longitud de Drenaje.

Elev Max: Elevación Máxima.

Elev Min: Elevación Mínima.

C: coeficiente de escorrentía.

H: Diferencia de Nivel entre la Cota más elevada de la cuenca y la Cota del sitio de análisis.

Tc: Tiempo de Concentración.

I: Intensidad de lluvia.

Q: Caudal de Diseño.

Dimensionamiento de alcantarilla.

Q: caudal de diseño = 8.05 m³/s.

Carga sobre la corona= 0.45.

D: Diámetro asumido = 2.

He = Profundidad de la carga en el control de entrada.

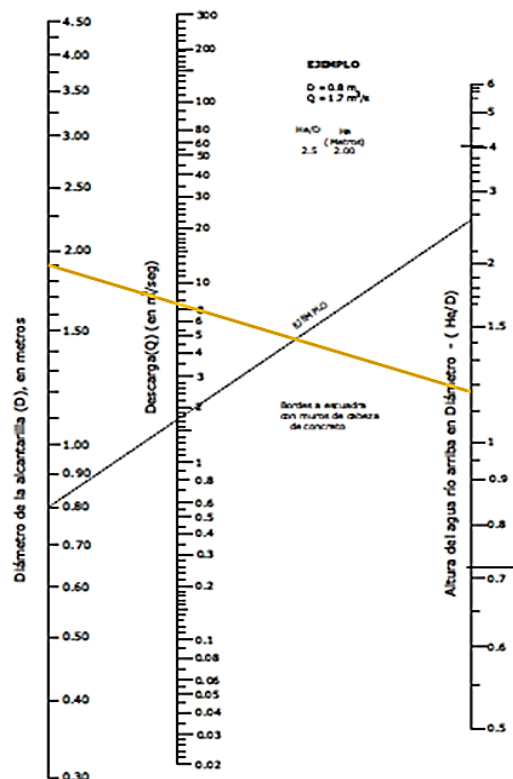
$$He = 0.45 + D$$

$$He = 0.45 + 2 = 2.45 \text{ m}$$

$$He/D = 2.45/2 = 1.225 \text{ m}$$

Nomograma 2: FHWA, HDS 5.1998 de la tercera Alcantarilla.

Altura de la carga y capacidad para tubos de concreto con control de entrada (sistema métrico) (adaptado de FHWA, HDS 5. 1998)



De acuerdo al resultado del Nomograma se obtuvo un valor de 8.06 m³/s que corresponde al caudal, por lo cual se propone para su dimensionamiento una alcantarilla simple de un tubo de 72 pulgadas que cumple satisfactoriamente con el caudal de diseño determinado.



CAPÍTULO V.

ESTUDIO DE SUELO

CAPITULO V. ESTUDIO DE SUELO.

5.1. Estudio de suelo.

Esta etapa tiene como objetivo verificar si el suelo existente en la zona de estudio cumple con las especificaciones requeridas para material de Base y Sub-base, así como analizar los datos existentes de los diferentes Bancos de Préstamo disponibles para el proyecto, con el propósito de suministrar a la obra de un material adecuado para su cimentación; luego se realizarán los análisis para determinar la calidad de los suelos que se utilizarán en la estructura del pavimento a construir. El diseño será regido por las normas establecidas en la AASHTO 93.

5.2. Trabajo de campo.

En los trabajos de campo; la ubicación, profundidad y número de perforaciones juegan un papel importante, ya que éstas determinan una variación en la calidad de los suelos. Estos trabajos consisten en la ejecución de 8 sondeos de línea, a una profundidad de 1.25 m distribuidos a lo largo del tramo en estudio, con una separación entre sondeos de 300 m (Ver anexo, Imagen pág. XXI).

5.3. Estudio de laboratorio.

Las muestras obtenidas en el campo se agruparon en el laboratorio para realizarle los ensayos básicos necesarios, para tal efecto se utilizaron los procedimientos establecidos por las Normas de la Asociación Internacional para la Prueba de Materiales, ASTM, que se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 24: Designación de estudios de suelo.

N°	Tipo de ensayo	Designación ASTM
1	Análisis Granulométrico de los suelos	T 27-88
2	Limite liquido de los suelos	T 89-90
3	Índice de plasticidad de los suelos	T 90-97
4	Pesos unitarios (*)	T 19-88
5	Ensayo del Proctor Estándar (*)	T 180-90
6	Ensayo de CBR (*)	T 193-81

Fuente: Laboratorio de materiales y suelos Alfonso Jerez F.

5.4. Resultados obtenidos del ensayo de laboratorio.

Embace a los resultados de laboratorio podemos concluir lo siguiente:

A partir de los niveles superficiales existentes del terreno al momento de la ejecución de los sondeos los suelos encontrados a los largo del proyecto a ambos lados del camino actualmente en funcionamiento, corresponde mayoritariamente en grava arcillosa y grava arena arcillosa o limosas, superficialmente, con clasificación A-2-6 y A-2-7, con índices de grupo que varían de 0 a 3.

Las características de consistencia de los suelos A-2-6 son: Limite líquido que varía de 31 % a 37 % y un índice de plasticidad de 11 % a 19 %. Sus partículas pasan de 38 % a 62 % el tamiz número 4 y de 13 % a 35 % el tamiz número 200 con un índice de grupo de 0 hasta 2.

Las características de consistencia de los suelos A-2-7 son: Limite líquido que varía de 45 % a 54 % y un índice de plasticidad de 20 % a 32 %. Sus partículas pasan de 53 % a 59 % el tamiz número 4 y de 17 % a 30 % el tamiz número 200 con índices de grupos que varían de 0 hasta 3.

Debajo de los suelos descritos anteriormente, que fueron encontrados superficialmente subyacen suelos areno limoso tipo A-2-4 con índice de grupo 0 (sondeos número 1 y 2). El limite líquido de este tipo de suelo varia de 30 % a 40 % y su índice de plasticidad de 9 % a 10 %. Sus partículas pasan de 62 % a 69 % el tamiz número 4 y de 21 % a 28 % el tamiz número 22, con índice de grupo 0.

También subyacen algunos suelos limosos con mezcla de arena y grava tipo A-4 con índice de grupo 8 (sondeo número 3 y 7). El limite líquido de este tipo de suelo varia de 35 % a 38 % y su índice de plasticidad de 8 % a 9 %. Sus partículas pasan del 83 % a 84 % el tamiz número 4 y de 74 % a 75 % el tamiz número 200.

En los sondeos número 4 y 6 subyacen suelos limosos mal graduados tipo A-5 con índice de grupo de hasta 11. El limite líquido de este tipo de suelo varia del 44 % al 55 % y su índice de plasticidad de 8 a 9 % sus partículas pasan de 89 % a 90 %, el tamiz número 4 y de 81 % a 84 % el tamiz 200.

Las características de consistencia de los suelos A-2-5 (sonde número 5) son: Limite liquido del 47 % y un índice de plasticidad de 10 %. Sus partículas pasan el 42 % el tamiz número 4 y el 9 % el tamiz número 200 con un índice de grupo 0.

Como se muestra en la siguiente tabla:

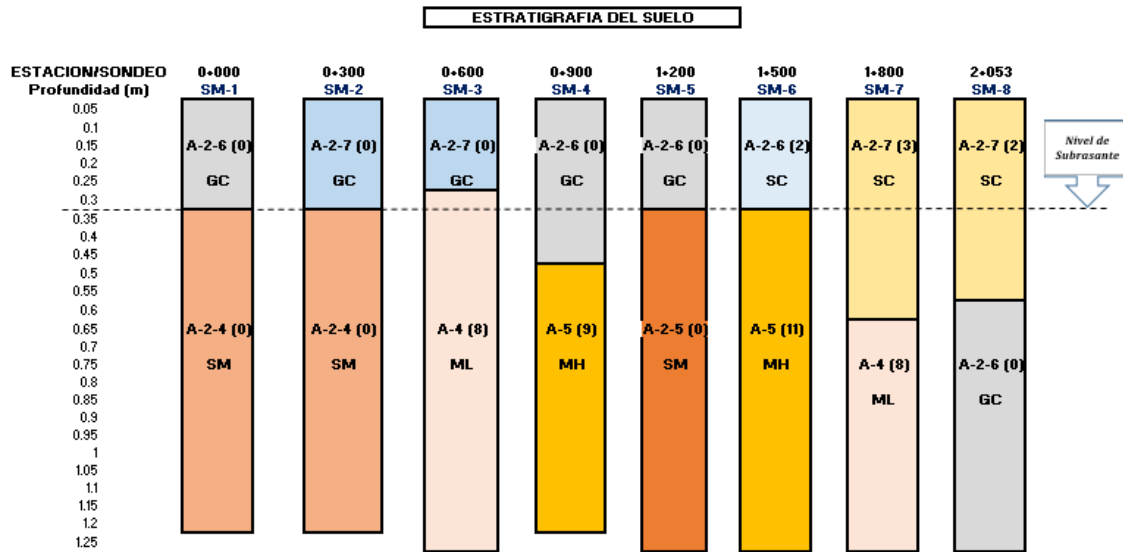
Tabla 25: Resultados de Estudio de Suelo.

Sondeo No.	Estaciones	Profundidad (m)	Muestra No.	Porcentaje que pasa el Tamiz						Límite Líquido (%)	Límite Plástico (%)	Índice Plástico (%)	Clasificación		CBR 95%
				1/2"	3/8"	N°4	N°10	N°40	N°200				AASHTO (IG)	S.U.C.S	
SM-1	0+000	0.00 - 0.30	1	62	54	38	30	20	15	34	23	11	A-2-6 (0)	GC	26
		0.30 - 1.20	2	73	68	62	54	35	28	40	30	10	A-2-4 (0)	SM	30
SM-2	0+300	0.00 - 0.30	3	65	64	56	37	24	17	48	25	23	A-2-7 (0)	GC	23
		0.30 - 1.20	4	81	78	69	59	36	21	30	21	9	A-2-4 (0)	SM	30
SM-3	0+600	0.00 - 0.25	5	65	62	55	40	29	19	45	25	20	A-2-7 (0)	GC	23
		0.25 - 1.25	6	90	85	83	80	77	75	35	27	8	A-4 (8)	ML	8
SM-4	0+900	0.00 - 0.45	7	63	58	54	52	44	20	31	19	12	A-2-6 (0)	GC	26
		0.45- 1.20	8	95	92	89	87	85	81	44	36	8	A-5 (9)	MH	4
SM-5	1+200	0.00 - 0.30	9	60	56	44	35	23	14	36	22	14	A-2-6 (0)	GC	26
		0.30 - 1.25	10	78	58	42	41	22	9	47	37	10	A-2-5 (0)	SM	28
SM-6	1+500	0.00 - 0.30	11	77	66	62	59	46	35	37	18	19	A-2-6 (2)	SC	15
		0.30 - 1.25	12	97	93	90	88	86	84	55	46	9	A-5 (11)	MH	4
SM-7	1+800	0.00 - 0.60	13	74	62	59	49	44	30	45	25	20	A-2-7 (3)	SC	13
		0.60 - 1.25	14	92	86	84	81	76	74	38	29	9	A-4 (8)	ML	8
SM-8	2+053	0.00 - 0.55	15	75	64	53	44	33	23	54	22	32	A-2-7 (2)	SC	13
		0.55 - 1.25	16	61	50	44	39	23	13	31	18	13	A-2-6 (0)	GC	26
				Las celdas color amarillo son las tomadas para la acumulación del CBR de Diseño.											

Fuente: Elaboración propia.

Además se realizó la estratigrafía de los suelos por cada sondeo realizado, en la misma se indica las clases de suelo de acuerdo a las profundidades, proponiendo un nivel de subrasante de 30 cm por debajo del terreno natural existente, tomando en cuenta que los suelos superficiales predominan el A2-6 y el A2-7 se consideran suelos de buena calidad para subrasante; el diseño de la rasante está adaptado al perfil del terreno existente. Por tanto se requiere cortar 30 cm para mantener dicha rasante. Como se muestra en la imagen siguiente.

Imagen 9: Estratigrafía del Suelo.



Fuente: Elaboración propia

5.5. Determinación del CBR de diseño.

Con los ensayos de laboratorio en las muestras tomadas se observa que estos resultados no son constantes dado a las características granulométricas, es por eso que es necesario seleccionar un CBR de diseño para el proyecto que tome en cuenta la capacidad de soporte de los materiales existentes en el tramo de estudio.

Para la determinación del CBR de diseño se hizo uso del método del Instituto de Asfalto en el cual se ordenan los valores de CBR de menor a mayor y se determina el número y el porcentaje de valores iguales o mayores de cada uno a continuación se presentan los datos a utilizar.

Tabla 26: Cálculos para la elaboración de la gráfica del CBR de diseño.

Tipo de suelo	CBR	Frecuencia	Numero de valores Igual o Mayores	% de valores Iguales o Mayores
A – 5 (11)	4	1	8	$(8/8) * 100 = 100 \%$
A – 8 (8)	8	1	7	$(7/8) * 100 = 87.5 \%$
A – 2 – 7 (2)	13	2	6	$(6/8) * 100 = 75 \%$
A – 2 – 6 (0)	26	1	4	$(4/8) * 100 = 50 \%$
A – 2 – 5 (0)	28	1	3	$(3/8) * 100 = 37.5 \%$
A – 2 – 4 (0)	30	2	2	$(2/8) * 100 = 25 \%$
Total		8	0	$(0/8) * 100 = 0$

Fuente: Elaboración propia.

Se selecciona el percentil de diseño en dependencia del número de ejes equivalentes.

Tabla 27: Criterios del Instituto de Asfalto para determinar el CBR de diseño.

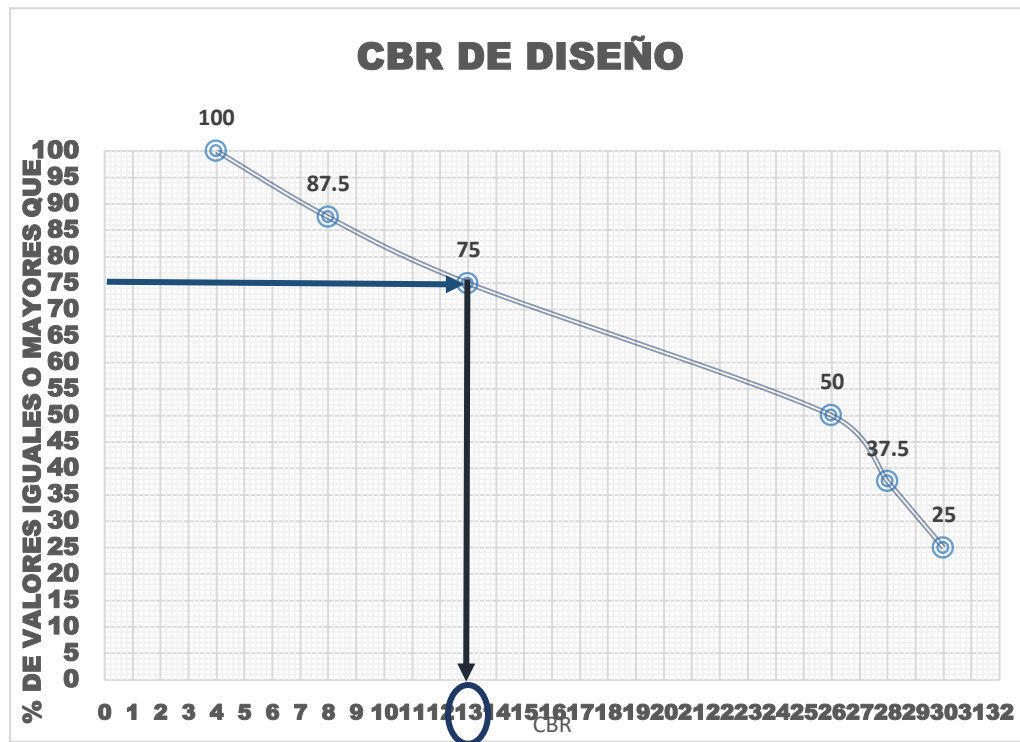
Límite para selección de Resistencia	
Numero de ejes equivalentes de 8.2 ton en el carril de diseño (n)	Percentil a seleccionar para hallar la resistencia
$< 10^4$	60
10^4 a 10^6	75
$> 10^6$	87.5

Fuente: Ingeniera de Pavimentos para Carreteras segunda Edición 2001. pág. 68.

Se selecciona un percentil de diseño de diseño del 75 % ya que el número de ejes equivalentes en el carril de diseño es de 651,336.

Con los valores obtenidos del CBR se trazo la tangente sobre el valor percentil de 75 % obteniendo un CBR de diseño para subrasante del 13 %, como se muestra acontinuacion.

Imagen 10: CBR de Diseño para Subrasante.



Fuente: Elaboración propia.

5.6. Pruebas realizadas en el banco de Material.

Se realiza la toma de la muestra compuesta del banco de préstamo de 3.16 hectárea conocido como La Pedrera el Canal, localizado en las siguientes coordenadas geográficas 13°18'49.3332" Norte, 85°46'50.6461" Oeste, en el municipio de Jinotega.

5.7. Clasificación de suelo.

De acuerdo a los resultados del análisis del laboratorio, basado en el sistema de clasificación AASHTO, el banco de préstamo corresponde a un tipo de suelo granular A-1.

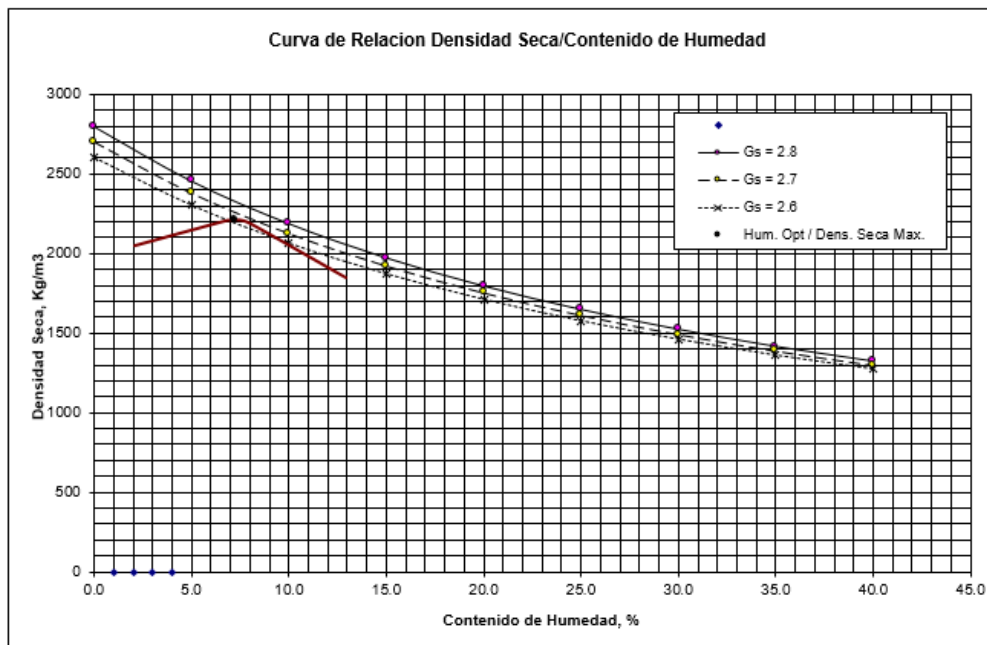
El ensayo de Proctor para el banco de préstamo se determinó por el método de Proctor modificado, obteniendo la humedad óptima y densidad máxima del material, los resultados se muestran en siguiente tabla.

Tabla 28: Resultados de la prueba Proctor, del Banco de Préstamo La Pedrera - El Canal.

Optimo Contenido de Humedad:	7.2	%
Densidad Seca Maxima:	2213	kg/m³

Fuente: Proporcionado por el Banco de Préstamo.

Imagen 11: Curva de Relación Densidad Seca/Contenido de Humedad.



Fuente: Proporcionado por el Banco de Préstamo.

El ensayo del CBR para el Banco de Préstamo con suelo (A-1-a) al 95% es de 89.7% tabla 29, el cual cumple con las condiciones establecidas según las Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos, Calles y Puente (NIC-2000), mostrada en la tabla 30.

Tabla 29: Resultado de CBR.

Densidad Seca Máxima (Kgs/m ³)			2213
Tara Número	G-3	26	30A
Tara (g)	39.0	40.0	41.0
S+W+T (g)	385.0	386.0	385.0
S+T (g)	362.3	363.7	363.0
S+W+Molde (g)	11543.0	12568.0	12064.0
Molde (g)	6977.0	7800.0	6976.0
Molde No.	7	26	30A
Vol. (cm ³)	2154.0	2132.0	2151.0
DD (Kg/m ³)	1981	2092	2214
% comp	89.5	94.5	100.1
% CBR a 0.1" pen	71.2	89.7	175.6
% CBR a 0.2" pen	87.7	130.9	191.6
% CBR Corregido	87.7	130.9	191.6
Hinchamiento Lect.inicial (")	0.3000	0.3000	0.3000
Hinchamiento Lect.inicial (")	0.3000	0.3000	0.3000
Hinchamiento %	0.00	0.00	0.00
Humedad moldeada(%)	7.0	6.9	6.8

Fuente: Proporcionada por el Banco de Préstamo.

Tabla 30: CBR mínimo para base y sub base.

Ensayo	Requisitos que debe cumplir el material	
	Base	Sub- base
CBR minimo	80%	40%

Fuente: Elaboración propia basada en la NIC 2000. Sección 1003



CAPITULO VI.
AFORO
VEHICULAR

CAPITULO VI. AFORO VEHICULAR.

6.1. Aforo vehicular.

Se realizó un aforo vehicular con el propósito de determinar el volumen de tránsito, así mismo calcular el Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA), basado en factores de expansión, además se determinan las cargas de diseño en el tramo de estudio, utilizando como vehículo de diseño camión articulado WB15, según la clasificación del Manual de Normas para el Diseño Geométrico para Carreteras Regionales, SIECA 2004.

El aforo se realizó desde el día lunes 25 de Marzo del 2019 hasta el domingo 31 de Marzo del mismo año, conteo que se efectuó en un periodo de 12 horas. Se seleccionaron tres puntos estratégicos el primero en el empalme el Canal – Las Lomas (0+000), empalme el Cacao Santa Bárbara (1+029), Las Lomas – Jinotega (2+053).

6.2. Resultados de volúmenes de tráfico por estaciones.

De las tres estaciones estudiadas, el mayor volumen de tráfico semanal se encontró en el empalme el Cacao Santa Bárbara en la estación 1+090, con un total de 5554 vehículos semanales, por su parte las estaciones Las Lomas-Jinotega (2+053) y empalme el Canal (0+000), se obtuvo menor volumen de tráfico correspondiente a 2950 y 4574 vehículos semanales respectivamente, (Ver anexo, pág. XXII y XXIII), a continuación, se presentan en la siguiente tabla los resultados con la estación con mayor volumen vehicular.

Tabla 31: Tránsito promedio diurno de 12 horas, ambos sentidos, estación: 1+029, ubicación empalme el Cacao Santa Bárbara.

Días	vehículos de pasajeros									Vehículos de carga								Equipo Pesados	
	Bici	Moto	Jeep	Auto	CMTA	Mbus 15-30 pas	Mbus < 15 pas	Bus	CLIV	C2	C3	T3S1	T3S2	CxR x<=4	CxRx >=5	Veh. Agr	Veh. Const	Otros	
Lunes 25 de marzo del 2019	203.00	423.00	20.00	34.00	140.00	9.00	10.00	7.00	26.00	6.00	-	-	-	-	-	1.00	-	-	879.00
Martes 26 de marzo del 2019	189.00	405.00	14.00	26.00	154.00	9.00	10.00	6.00	21.00	8.00	2.00	-	-	-	-	-	8.00	1.00	853.00
Miércoles 27 de marzo del 2019	166.00	348.00	15.00	21.00	143.00	7.00	13.00	7.00	18.00	4.00	-	-	-	-	-	1.00	4.00	3.00	750.00
Jueves 28 de marzo del 2019	157.00	402.00	21.00	23.00	111.00	11.00	11.00	8.00	19.00	8.00	-	-	7.00	-	-	-	5.00	-	783.00
Viernes 29 de marzo del 2019	139.00	392.00	21.00	33.00	144.00	6.00	16.00	8.00	16.00	5.00	-	-	-	-	-	-	-	-	780.00
Sábado 30 de marzo del 2019	138.00	387.00	14.00	34.00	129.00	7.00	11.00	6.00	12.00	2.00	-	-	2.00	-	-	-	-	-	742.00
Domingo 31 de marzo del 2019	141.00	398.00	21.00	30.00	152.00	-	-	6.00	8.00	11.00	-	-	-	-	-	-	-	-	767.00
Total	1,133.00	2,755.00	126.00	201.00	973.00	49.00	71.00	48.00	120.00	44.00	2.00	-	9.00	-	-	2.00	17.00	4.00	5,554.00
TPDi (veh/12hrs)	161.86	393.57	18.00	28.71	139.00	7.00	10.14	6.86	17.14	6.29	0.29	-	1.29	-	-	0.29	2.43	0.57	793.43

Fuente: Elaboración propia.

6.3. Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA).

Es el volumen del Tránsito Promedio Diario Anual, que se define como el total de vehículos que pasan por un punto o sección de una carretera en un período de un año.

$$TPDA = \frac{TA}{365} \quad \text{Ecuación (25)}$$

TA= Tránsito Anual

Mediante el factor de expansión del Tráfico Promedio Diario Semanal se obtiene el Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) por tipo de vehículo, el que se obtiene de los conteos realizados en las estaciones de mayor cobertura (EMC) para dicho tramo. Para el caso del presente estudio, le corresponde la Estación de Corta Duración 318 Jinotega – Llano de la Cruz, (imagen 12),que corresponde al primer cuatrimestres Enero – Abril de conformidad al Anuario de Aforos de Tráfico, año 2017, del MTI (pág. 323). Los resultados se reflejan en la tabla 30.

Imagen 12: factores de expansión de la Estación de Corta Duración 318 Jinotega – Llano de la Cruz.

ESTACION DE MAYOR COBERTURA	NIC	Nº ESTACION	TIPO	Pkm	NOMBRE DEL TRAMO
401 Masaya - Granada	NIC-1	136	ECD	6.0	Portezuelo - El Dancing
	NIC-1	137	ECD	7.0	El Dancing - La Subasta
	NIC-1	138	ECD	10.0	La Subasta - Aeropuerto
	NIC-1	101A	ECD	12.0	Aeropuerto - Zona Franca
	NIC-2	201	ECD	7.8	Semáforo 7 Sur - Emp. Nejapa
	NIC-2	214	ECD	9.5	Emp. Nejapa - Km. 10 1/2 Carretera Sur (Regreso)
	NIC-3	318	ECD	164.0	Jinotega - Llano La Cruz
	NIC-4	423	ECD	6.2	Rotonda Centroamérica - Rotonda Jean Poul Genie
	NIC-4	424	ECD	7.8	Rotonda Jean Poul Genie - 1ra. Ent. Las Colinas
	NIC-4	425	ECD	8.7	1ra. Ent. Las Colinas - Ent. a la UNICA

Tabla 32: Resultados del Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA).

(EMC). 401	Moto	VEHICULOS LIVIANOS						VEHICULOS DE CARGA						VEHUCULOS PESADOS			TOTAL	
		Jeep	Auto	CMTA	Minib us	Microb us	Bus	CLIV	C2	C3	T3S1	T3S2	CxRx ≤4	CxR x>=5	Veh. Agr	Veh. Const		Otros
TPDi	393.57	18.00	28.71	139.00	7.00	10.14	6.86	17.14	6.29	0.29	-	1.29	-	-	0.29	2.43	0.57	
FACTOR DIA	1.40	1.36	1.42	1.33	1.35	1.42	1.32	1.29	1.25	1.39	1.00	1.52	1.00	1.00	1.00	1.00	1.22	
F. EXPANSION	1.03	0.97	0.97	0.96	1.01	0.99	0.95	1	0.98	0.88	1	0.83	1	1	0.93	1	1.15	
TPDA	568	24	40	178	10	15	9	23	8	1	0	2	0	0	1	3	1	883
		% Vehiculos livianos		31.26	%			% Vehiculos de carga		3.85	%		% Vehiculos pesados		0.57%			

Fuente: Anuario de Aforos de Trafico año 2017 pág.323.

6.4. Tasa de crecimiento vehicular (TC).

La ecuación utilizada según los anuarios estadísticos del MTI es la siguiente:

$$TC = \left[\left(\frac{TPDA_i}{TPDA_o} \right)^{1/n} \right] - 1 \quad \text{Ecuación (26)}$$

Donde:

TC = Tasa de crecimiento.

TPDA_i = Tránsito promedio actual.

TPDA_o = Tránsito promedio actual de año base.

n = Diferencia de años.

Para estimar la tasa de crecimiento y realizar las proyecciones de tránsito de la vía en estudio, se analizaron las siguientes variables del historial de tránsito en la zona, datos obtenidos del anuario MTI 2017, el análisis de indicadores macroeconómicos según el Banco Central de Nicaragua (BCN): Producto Interno Bruto (PIB) y Tasa de Crecimiento Poblacional (Tc).

6.4.1 Historia de Tránsito.

Según la Estación de Corta Duración 318 que corresponde al Llano de la Cruz del anuario del MTI 2017, ha tenido un volumen que varía de año en año, este comportamiento irregular del flujo vehicular se considera que ha sido principalmente, consecuencia de las condiciones físicas de la superficie de rodamiento a lo largo de todo el tramo, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 33: Registro histórico del TPDA (ECD 318) Jinotega – Llano de la Cruz.

AÑO	TPDA	TC
2000	1858	-1.437
2002	1805	
2005	1939	10.835
2008	2640	
2010	3609	33.292
2012	6412	
2016	7880	5.393
2017	8305	
PROMEDIO		12.021

Fuente: Anuario de Aforos de Tráfico, año 2017, del MTI. Pág. 124

6.4.2 Producto Interno Bruto (PIB).

El PIB es el valor a precios de mercado de la producción corriente de bienes y servicios finales dentro del territorio nacional durante un periodo de tiempo, es decir, que se utiliza como indicador de riqueza generada por un país durante un año, trimestre u otra medida de tiempo.

Como se muestra en la tabla 34, la tasa de crecimiento anual del PIB ha variado alrededor de un promedio de 3.645 % constantemente lo cual causa un impacto directo en la economía del país.

Tabla 34: Producto Interno Bruto (PIB).

Año	PIB %
2007	3.2
2008	2.8
2009	-1.5
2010	4.5
2011	4.8
2012	3.6
2014	4.8
2015	4.8
2016	4.6
2017	4.7
2018	3.8
PROMEDIO	3.645

Fuente: Banco Central de Nicaragua.

6.4.3 Crecimiento poblacional.

El crecimiento poblacional es la tercera variable a analizar, en la que se puede mostrar que a nivel nacional ha tenido un crecimiento relevante que corresponde al periodo 2006-2018, tal como se muestra a continuación.

Tabla 35: Crecimiento poblacional.

AÑO	POB	TAC
2006	5522606	
2007	5595541	1.321
2008	5668876	1.311
2009	5742310	1.295
2010	5815524	1.275
2011	5996619	3.114
2012	6071045	1.241
2013	6134270	1.041
2014	6198154	1.041
2015	6262703	1.041
2016	6327927	1.041
2017	6393824	1.041
2018	6460411	1.041
PROMEDIO		1.317

Fuente: Anuario Estadístico 2017 del Instituto Nacional de Información de desarrollo (INIDE). Pág. 30.

6.4.4 Selección de la tasa de crecimiento.

En base a los datos del TPDA y la ecuación 26, se calculó el crecimiento del tránsito así mismo con los datos poblacionales proporcionados por INIDE se calculó el crecimiento poblacional. El crecimiento del PIB directamente fue proporcionado por el Banco Central de Nicaragua (BCN).

Correlaciones de variables.

En base al análisis realizado a las variables del TPDA, POB y del PIB y de acuerdo a la situación económica del país y su perspectiva futura se propone utilizar una tasa de crecimiento promedio de los resultados de las variables, dado que las tres tasas de crecimiento son muy distintas y hay mucha variación entres, se obtiene un promedio de 5.661. Aun así considerando una tasa muy elevada, por tanto se propone utilizar una tasa del 5 %, como se muestra a continuación.

Tabla 36: Tasa de crecimiento a utilizar.

Variables	TC
TPDA	12.021
PIB	3.645
POB	1.317
PROMEDIO	5.661
TC= 5%	

Fuente: Elaboración propia.

6.5. Proyección de Tránsito.

Para poder pronosticar el tránsito que circulará en el tramo durante su vida útil de servicio, es importante determinar cómo se comportará el tráfico futuro. El tramo de estudio se clasifica como Colectora Rural según la clasificación del Manual de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras Regionales (SIECA 2004), dado que sus volúmenes de tránsito se ubican entre los 10,000 y 500 vehículos promedio diario. La cual tiene un la cual tiene un periodo de diseño máximo de 20 años como lo indica en la siguiente tabla.

Tabla 37: Periodo de diseño según el tipo de carretera.

Tipo de carretera	Periodo de diseño
Autopista regional	20-40 años
Troncales Suburbanas	15-30 años
Troncales rurales	
Colectoras Suburbanas	10-20 años
Colectoras rurales	

Fuente. Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales, SIECA 2001. Pág.10.

6.6. Factor crecimiento.

Para el cálculo del factor de crecimiento se utilizó la siguiente ecuación:

$$F.C. = \left[\frac{(1+i)^n - 1}{i} \right] (365) = \left[\frac{(1+0.05)^{20} - 1}{0.05} \right] (365) = 12,070$$

Ecuación (27)

6.6.1. Tránsito proyectado.

Los resultados de la proyección a 20 años se muestran en la tabla 38, la cual se describe por tipo de vehículo. La tasa de creciente utilizada es la que se indicó anteriormente.

Tabla 38: Tránsito Proyectado.

TRANSITO PROYECTADO				
Tipo de vehiculo	TPDA 2019	Tasa de Crecimiento	n	TPDA Proyectado 2038
Motos	568	0.05	20	1508
Autos	40	0.05	20	107
Jeep	24	0.05	20	64
Camionetas	178	0.05	20	473
McBus<15 pas	10	0.05	20	27
MnBus 15-30 pas	15	0.05	20	40
Bus	9	0.05	20	24
CLV	23	0.05	20	62
C2	8	0.05	20	22
C3	1	0.05	20	3
T3S2	2	0.05	20	6
Veh. Agr	1	0.05	20	3
Veh. Const	3	0.05	20	8
Otros	1	0.05	20	3
TOTAL vpd				2330

Fuente: Elaboración propia.

6.6.2. Tránsito de Diseño.

Teniendo el tránsito proyectado se determinó el tránsito de diseño, de la siguiente manera.

$$TD = TPDA * FD * F'C$$

$$TD = TPDA_{2038} * FC * FD * F'C$$

Donde:

TPDA: Tránsito Promedio Diario Anual.

FC: Factor Crecimiento.

FD: Factor de Distribución por sentido.

F'C: Factor de Distribución por Carril.

$$TD (C2) = 8 * 12070 * 0.50 * 1 = 48,280$$

Tabla 39: Tránsito de Diseño Para el Tramo Las Lomas Jinotega.

TRANSITO DE DISEÑO					
Tipo de vehiculos	Transito Actual (2019)	F.C.	Factor por carril (Fc')	Factor de Dirección (FD)	TD (2038)
Motos	568	12070	1	0.5	3427880
Autos	40	12,070	1	0.50	241,400
Jeep	24	12,070	1	0.50	144,840
Camionetas	178	12,070	1	0.50	1,074,230
McBus<15 pas	10	12,070	1	0.50	60,350
MnBus 15-30 pas	15	12,070	1	0.50	90,525
Bus	9	12,070	1	0.50	54,315
CLV	23	12,070	1	0.50	138,805
C2	8	12,070	1	0.50	48,280
C3	1	12070	1	0.5	6035
T3S2	2	12,070	1	0.50	12,070
Veh. Agr	1	12,070	1	0.50	6,035
Veh. Const	3	12,070	1	0.50	18,105
Otros	1	12,070	1	0.50	6,035
				Total	1852745

Fuente: Elaboración propia.

6.7. Cálculo de ejes equivalentes (ESAL o W18).

Este parámetro se obtiene conociendo el tránsito de diseño (TD) y los factores de equivalencia (F ESAL).

En concordancia con las características de la carretera que es una colectora rural, para la cual el vehículo de diseño es camión articulado WB-15, para una carretera de dos carriles en una sola dirección y de acuerdo con los valores de la imagen 13 y 14 de Factores equivalentes de carga se tomó la de pavimento flexible debido a que la vía será de pavimento articulado (adoquín), tomando como valores $SN=5$, $P_t=2.00$.

Así mismo se tomó la tasa de crecimiento el 5% previamente encontrada con un periodo de diseño de 20 años.

Imagen 13: Factores equivalentes de carga para pavimentos flexibles, ejes simples, $p_t=2.0$.

Tabla 3.1. Factores equivalentes de carga para pavimentos flexibles, ejes simples, $p_t = 2.0$

Carga por eje		SN					
(kips)	(KN)	1.0 (25.4)	2.0 (50.8)	pulg 3.0 (76.2)	(mm) 4.0 (101.6)	5.0 (127.0)	6.0 (152.4)
2	8.9	.0002	.0002	.0002	.0002	.0002	.0002
4	17.8	.002	.003	.002	0.002	.002	.002
6	26.7	.009	.012	.011	0.10	.009	.009
8	35.6	.030	.035	.036	.033	.031	.029
10	44.5	.075	.085	.090	.085	0.79	.076
12	53.4	.165	.177	.189	.183	.174	.168
14	62.3	.325	.338	.354	.350	.338	.331
16	71.2	.589	.598	.613	.612	.603	.596
18	80.0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
20	89.0	1.61	1.59	1.56	1.55	1.57	1.59
22	97.9	2.49	2.44	2.35	2.31	2.35	2.41
24	106.8	3.71	3.62	3.43	3.33	3.40	3.51
26	115.7	5.36	5.21	4.88	4.68	4.77	4.96
28	124.6	7.54	7.31	6.78	6.42	6.52	6.83
30	133.5	10.4	10.0	9.2	8.6	8.7	9.2
32	142.4	14.0	13.5	12.4	11.5	11.5	12.1
34	151.3	18.5	17.9	16.3	15.0	14.9	15.6
36	160.0	24.2	23.3	21.2	19.3	19.0	19.9
38	169.1	31.1	29.9	27.1	24.6	24.0	25.1
40	178.0	39.6	38.0	34.3	30.9	30.0	31.2
42	186.9	49.7	47.7	43.0	38.6	37.2	38.5
44	195.8	61.8	59.3	53.4	47.6	45.7	47.1
46	204.7	76.1	73.0	65.6	58.3	55.7	57.0
48	213.6	92.9	89.1	80.0	70.9	67.3	68.6
50	222.5	113	108	97	86	81	82

Fuente: Diseño de Pavimento, AASHTO 93 pág. 22

Imagen 14: Factores equivalentes de carga para pavimentos flexibles, ejes tándem, $p_t=2.0$.

Tabla 3.2. Factores equivalentes de carga para pavimentos flexibles, ejes tándem, $p_t= 2.0$

Carga por eje		SN					
(kips)	(KN)	1.0 (25.4)	2.0 (50.8)	3.0 (76.2)	4.0 (101.6)	5.0 (127.0)	6.0 (152.4)
2	8.9	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
4	17.8	.0003	.0003	.0003	.0002	.0002	.0002
6	26.7	.001	.001	.001	.001	.001	.001
8	35.6	.003	.003	.003	.003	.003	.002
10	44.5	.007	.008	.008	.007	.006	.006
12	53.4	.013	.016	.016	.014	.013	.012
14	62.3	.024	.029	.029	.026	.024	.023
16	71.2	.041	.048	.050	.046	.042	.040
18	80.0	.066	.077	.081	.075	.069	.066
20	89.0	.103	.117	.124	.117	.109	.105
22	97.9	.156	.171	.183	.174	.164	.158
24	106.8	.227	.244	.260	.252	.239	.231
26	115.7	.322	.340	.360	.353	.338	.329
28	124.6	.447	.465	.487	.481	.466	.455
30	133.5	.607	.623	.646	.643	.627	.617
32	142.4	.810	.823	.843	.842	.829	.819
34	151.3	1.06	1.07	1.08	1.08	1.08	1.07
36	160.0	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38
38	169.1	1.76	1.75	1.73	1.72	1.73	1.74
40	178.0	2.22	2.19	2.15	2.13	2.16	2.18
42	186.9	2.77	2.73	2.64	2.62	2.66	2.70
44	195.8	3.42	3.36	3.23	3.18	3.24	3.31
46	204.7	4.20	4.11	3.92	3.83	3.91	4.02
48	213.6	5.10	4.98	4.72	4.58	4.68	4.83
50	222.5	6.15	5.99	5.64	5.44	5.56	5.77
52	231.4	7.37	7.16	6.71	6.43	6.56	6.83
54	240.3	8.77	8.51	7.93	7.55	7.69	8.03
56	249.2	10.4	10.1	9.3	8.8	9.0	9.4
58	258.1	12.2	11.8	10.9	10.3	10.4	10.9
60	267.0	14.3	13.8	12.7	11.9	12.0	12.6
62	275.9	16.6	16.0	14.7	13.7	13.8	14.5
64	284.7	19.3	18.6	17.0	15.8	15.8	16.6
66	293.6	22.2	21.4	19.6	18.0	18.0	18.9
68	302.5	25.5	24.6	22.4	20.6	20.5	21.5
70	311.4	29.2	28.1	25.6	23.4	23.2	24.3
72	320.3	33.3	32.0	29.1	26.5	26.2	27.4
74	329.2	37.8	36.4	33.0	30.0	29.4	30.8
76	338.1	42.8	41.2	37.3	33.8	33.1	34.5
78	347.0	48.4	46.5	42.0	38.0	37.0	38.6
80	355.9	54.4	52.3	47.2	42.5	41.3	43.0
82	364.8	61.1	58.7	52.9	47.6	46.0	47.8
84	373.7	68.4	65.7	59.2	53.0	51.2	53.0
86	382.6	76.3	73.3	66.0	59.0	56.8	58.6
88	391.5	85.0	81.6	73.4	65.5	62.8	64.7
90	400.4	94.4	90.6	81.5	72.6	69.4	71.3

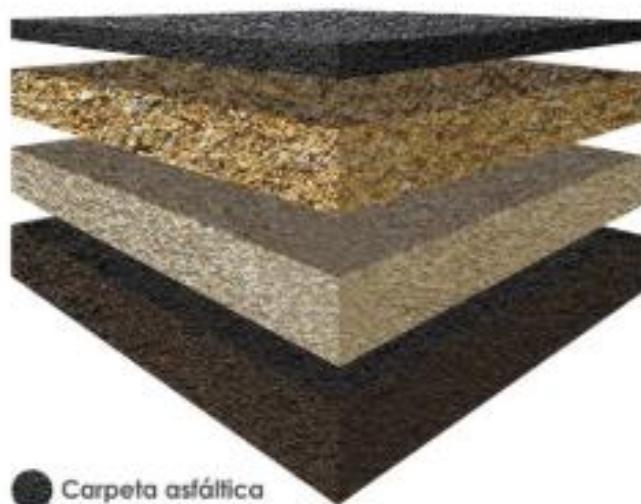
Fuente: Diseño de Pavimento, AASHTO 93 pág. 23

A continuación, se presenta la tabla 40 que corresponde al cálculo de ejes equivalentes de 18 KIPS (8.2TON), cuyo valor ESAL fue de 651,336.

Tabla 40: Cálculo del ESAL.

CALCULO DE EJES EQUIVALENTES DE 18 KIPS (8.2 TON)							
Tipo de vehiculos	Peso X eje(Ton.met)	Peso X eje (Kips)	Tipo de eje	To. 2019	TD	Factor ESAL	ESAL de diseño
Autos	1.00	2.20	Simple	40.00	241,400.00	0.00038	92
	1.00	2.20	Simple			0.00038	92
Jeep	1.00	2.20	Simple	24.00	144,840.00	0.00038	56
	1.00	2.20	Simple			0.00038	56
Camionetas	1.00	2.20	Simple	178.00	1,074,230.00	0.00038	409
	2.00	4.40	Simple			0.0034	3653
McBus<15 pas	2.00	4.40	Simple	10.00	60,350.00	0.0034	206
	4.00	8.80	Simple			0.502	30296
MnBus 15-30 pas	3.00	8.80	Simple	15.00	90,525.00	0.502	45444
	5.00	17.60	Simple			0.9192	83211
Bus	5.00	11.00	Simple	9.00	54,315.00	0.482	26180
	10.00	22.00	Simple			2.35	127641
CLV	4.00	8.80	Simple	23.00	138,805.00	0.502	69681
	8.00	17.60	Simple			0.9192	127590
C2	5.00	11.00	Simple	8.00	48,280.00	0.482	23271
	10.00	22.00	Simple			2.35	113458
C3	5.00	11	simple	1	6035	0.482	2909
	16.50	36.30	stander			1.4325	8646
T3S2	5.00	11.00	simple	2.00	12,070	0.482	5818
	16.00	35.20	stander			1.26	15209
	16.00	35.20	stander			1.26	15209
Veh- Agr/ Veh-const	5.00	11.00	Simple	4.00	24,140	0.482	11636
	10.00	22.00	Simple			2.35	56729
Total ESAL'S de diseño(W18)							651,336

Fuente: Elaboración propia.



- Carpeta asfáltica
- Base
- Sub-base
- Subrasante

CAPITULO VII.

DISEÑO

DE

PAVIMENTO

CAPITULO VII. DISEÑO DE PAVIMENTO.

7.1. Aspectos generales.

El diseño de Pavimento flexible consiste en determinar los espesores de cada capa que integran la estructura del mismo basándose en obtener un numero estructural del pavimento que pueda soportar el nivel de carga esperado.

La capacidad estructural del pavimento flexible depende de las características de cada capa para transferir, distribuir y reducir la intensidad de los esfuerzos antes de que lleguen a la siguiente capa o a la subrasante.

En Nicaragua se utilizan 4 tipos de carpeta de rodamiento en la construcción de carreteras: macadam, asfáltica, concreto hidráulico y adoquín de concreto. Debido a su fácil manipulación y otras características se eligen adoquines de concreto. En todo caso resulta una alternativa económica y fácil de mantenimiento

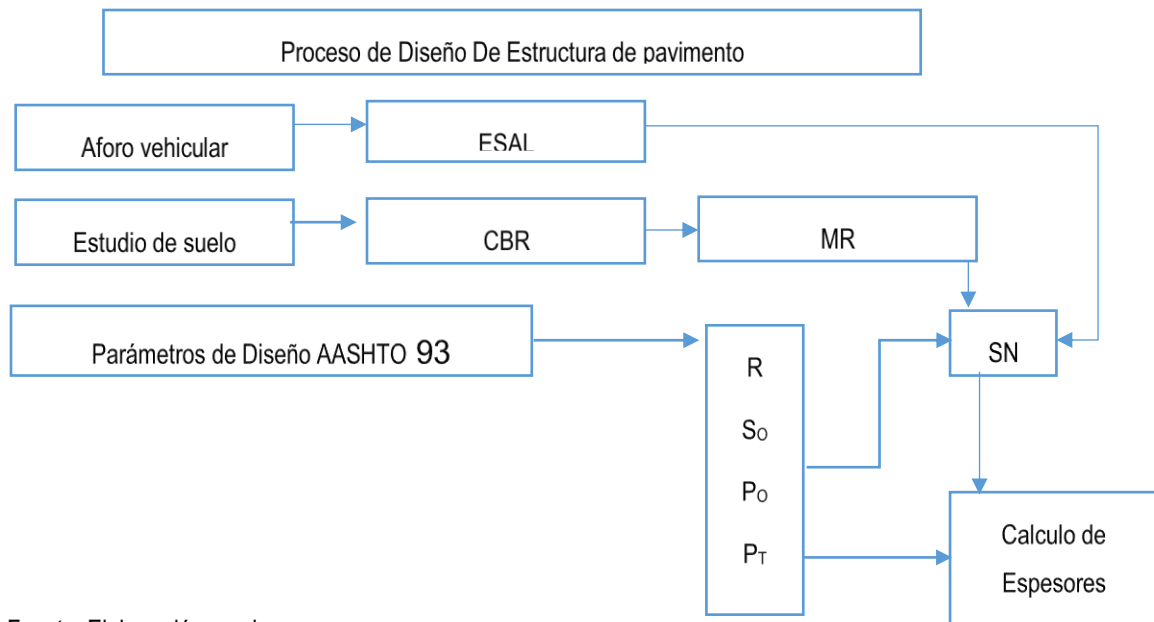
Para realizar el diseño de pavimento de este proyecto se utiliza el método de la AASHTO 93, el cual introduce el concepto de serviciabilidad en el diseño de pavimentos que es una medida de capacidad para la superficie vial.

Por tanto se hace uso de los nomogramas de la AASHTO 93, y criterios de diseño ajustados a la Buena Práctica en Ingeniería, y así mismo se hace uso del Software Ecuación AASHTO 93 para comprobación del Número estructural SN.

7.2. Consideraciones de diseño

El proceso de diseño con metodología AASHTO 93 de forma resumida se presenta en el siguiente diagrama.

Ilustración 1: Proceso de Diseño de la Estructura de Pavimento.



Fuente: Elaboración propia.

7.3. Carga de Ejes Simples Equivalentes (ESAL).

El deterioro que produce cada vehículo en un pavimento es llamado ESAL, éste corresponde al número de ejes equivalentes llamado también “eje estándar”, el cual tiene un peso de 8.2 ton. (18,000 libras) y se presentará en el carril de diseño. Se considera que el “eje estándar” tiene un factor de daño $F=1$.

Al realizar el estudio de tráfico, se clasifican todos los vehículos livianos y pesados según su peso por eje, encontrando así los volúmenes de tránsito para determinar el Transito Promedio Diario Anual TPDA, el cual se proyecta a un período de diseño que toma en cuenta una tasa de crecimiento que se determina según las condiciones económicas y sociales, el proceso anterior nos permite determinar el tránsito de diseño (TD), con el cual teniendo en consideración el factor ESAL se determina el ESAL de diseño.

En el tramo de estudio se obtuvo como resultado un ESAL de diseño 651,336 encontrándose únicamente ejes simples, como se muestra en la tabla 40 de ejes equivalentes.

7.4. CBR de Banco de Préstamo para base.

El estudio geotécnico indica un requerimiento de material para base, tipo 1, con un CBR mínimo de 80%; parámetro que es relacionado con el valor del banco de préstamo La Pedrera El Canal, proporcionado por el laboratorio.

El valor del CBR del banco de préstamo es de 89.7% del 95%, el cual cumple para ser utilizado como material base según las especificaciones generales para la construcción de caminos calles y puentes (NIC – 2000).

7.5. Módulo de Resiliencia (MR).

Es una medida de la propiedad elástica de los suelos que la componen y se determina con un equipo especial que no es de fácil adquisición, por lo tanto, se han establecido correlaciones para calcularlo a partir de valores de CBR como se muestra en la tabla 41 y 42.

Tabla 41: Ecuaciones para estimar el Módulo de Resiliencia

Valores de CBR	Consideración	Determinación
CBR < 7.2 %	$Mr = 1500 * CBR$	Sugerida por la AASHTO 93.
7.2 % < CBR < 20 %	$Mr = 3000 * CBR^{0.65}$	Desarrollada en Sudáfrica para suelos finos (No se aplica en Nicaragua)
CBR > 20 %	$Mr = 4326 * \ln(CBR) + 241$	Utilizada para suelos granulares.

Fuente: Ingeniera de Pavimentos Para Carreteras Alfonso Montejo Fonseca.pag.266.

Tabla 42: Correlación entre ecuaciones

Consideraciones	Resultado 13 % de CBR	Resultado 20 % de CBR
$Mr = 1500 * CBR$	19,500	30,000
$Mr = 3000 * CBR^{0.65}$	15,890	21,000
$Mr = 4326 * \ln(CBR) + 241$	11,337	13,200

Fuente: Elaboración propia.

La ecuación que se utiliza para determinar el Mr será la de suelos Granulares, debido al CBR de diseño el cual es de 13 % y basado en la tabla se adopta la ecuación siguiente:

$$Mr = 4326 * Ln (CBR) + 241$$

Ecuación (28)

$$Mr = 4326 * Ln (CBR) + 241$$

$$Mr = 11,337 \text{ PSI}$$

El módulo Resiliente de la base nos dio un resultado de 29,000 PSI, se calculó por medio del nomograma de relación entre el coeficiente estructural para base granular (Nomograma 3).7.6. Parámetros de diseño según la AASHTO 93.

7.5.1. Confiabilidad (R).

Es el nivel de certeza que el pavimento funcione bajo las condiciones de tránsito durante el período de diseño.

Por lo tanto dado que el tramo de estudio es clasificada como colectora de zona rural, se asume un nivel de confiabilidad de R = 80 % según los rangos presentados en la tabla siguiente.

Tabla 43: Niveles de Confiabilidad R en Función del Tipo de Carretera.

Tipo de Carretera	Niveles de confiabilidad R	
	Suburbanas	Rurales
Autopista Regional	85-99.9	80-99.9
Troncales	80-95	75-95
Colectoras	50-80	50-80

Fuente: Libro de Diseño de Pavimentos AASHTO 93 tercera edición, pag.137.

7.5.2. Desviación estándar (So).

Es un factor que representa la cantidad de datos dispersos dentro de los cuales pasa la curva real del comportamiento de la estructura.

La desviación estándar considera la variabilidad asociada a cada uno de los parámetros involucrados en el diseño, como la predicción del tránsito y el comportamiento del pavimento. Es un valor representativo de las condiciones locales particulares, este parámetro está ligado directamente y depende del nivel de confiabilidad (R) seleccionado.

La guía de la AASHTO 93 recomienda adoptar valores de desviación estándar (So) comprendidos dentro de los siguientes intervalos.

Para el coeficiente estructural del adoquín se utilizó el valor de 0.45, empleado en el ejercicio de diseño de pavimento de adoquín por el método AASHTO 93, ilustrado en el Manual Centroamericano de Pavimento pág. 107.

Tabla 44: Desviación Estándar Dependiendo de las Condiciones de Servicio

Condición	Pavimento Rígido	Pavimento Articulado
En construcción nueva	0.35	0.45
En sobre capas	0.39	0.49

Fuente: Libro de Diseño de Pavimentos AASHTO 93 tercera edición, pág. 135.

7.5.3. Serviciabilidad (Po, Pt).

Es la pérdida de serviciabilidad prevista en el diseño y es la medida de la diferencia entre la calidad de acabado del pavimento al concluirse su construcción.

El método AASTHO 93 predice el porcentaje de pérdida de Serviciabilidad ΔPSI para varios niveles de tráfico y cargas de ejes, entre mayor sea el ΔPSI , mayor será la capacidad de carga del pavimento antes de fallar.

La mejor forma de evaluarla es a través del índice de servicio presente (PSI), el cual varía de 0 para carreteras imposible de transitar hasta 5 para carretera perfecta.

Para la determinación de la serviciabilidad de un pavimento se toma en cuenta que la serviciabilidad final de un pavimento (P_t) depende del tránsito y del índice de servicio inicial (P_o).

De acuerdo a la tabla 45 se utiliza una serviciabilidad final (P_t) de 2 valor considerado para caminos de poco tránsito, así mismo se asumió una serviciabilidad inicial (P_o) igual a 4.2 para pavimentos flexibles (adoquín).

Tabla 45: Factores de Serviciabilidad.

Serviciabilidad Inicial	Serviciabilidad Final
$P_o = 4.5$ para pavimentos rígidos	$P_t = 2.5$ o más para caminos principales
$P_o = 4.2$ para pavimentos flexibles	$P_t = 2.0$ para caminos de Tránsito menor

Fuente: Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos.

7.5.4. Perdida de Serviciabilidad.

Es la diferencia que existe entre la serviciabilidad inicial y la serviciabilidad final, que en el caso del presente diseño un valor de 2.2. Entre mayor sea ΔPSI mayor será la capacidad de carga del pavimento antes de fallar, este parámetro es calculado con la siguiente ecuación:

$$\Delta PSI = P_o - P_t \quad \text{Ecuación (29)}$$

$$\Delta PSI = 4.2 - 2 = 2.2$$

7.5.5. Coeficiente de Drenaje (m).

El exceso de agua combinado con el incremento de volúmenes de tránsito y cargas podrían anticipar los daños a la estructura del pavimento.

Debido a que se asume una buena capacidad para drenar el agua de la vía en cada una de las capas que conforman el pavimento, el coeficiente de drenaje a utilizar de acuerdo con la tabla 46, es de $m_1 = 1.00$. En primer lugar por los ensayos del CBR en estado saturado que se realizó al Banco de préstamo, y el drenaje que tiene la vía por tanto se considera un coeficiente drenaje bueno.

Tabla 46: Porcentaje del Tiempo que el Pavimento está Expuesto a Niveles de Humedad Cercanos a la Saturación.

Calidad del drenaje	P= % del tiempo que el pavimento está expuesto a niveles de humedad cercanos a la saturación.			
	< 1%	1% - 5%	5% - 25%	> 25%
Excelente	1.40 - 1.35	1.35 - 1.30	1.30 - 1.20	1.20
Bueno	1.35 - 1.25	1.25 - 1.15	1.15 - 1.00	1.00
Regular	1.25 - 1.15	1.15 - 1.05	1.00 - 0.80	0.80
Pobre	1.15 - 1.05	1.05 - 0.80	0.80 - 0.60	0.60
Muy Pobre	1.05 - 0.95	0.95 - 0.75	0.75 - 0.40	0.40

Fuente: Libro de Diseño de Pavimentos AASHTO 93 tercera edición, pág. 148.

7.5.6. Coeficientes de capa (a_n).

El método AASHTO 93 asigna a cada capa del pavimento un coeficiente (a_n), los cuales son requeridos para el diseño estructural de los pavimentos. Estos coeficientes permiten convertir los espesores reales a números estructurales SN.

Representados con la siguiente simbología:

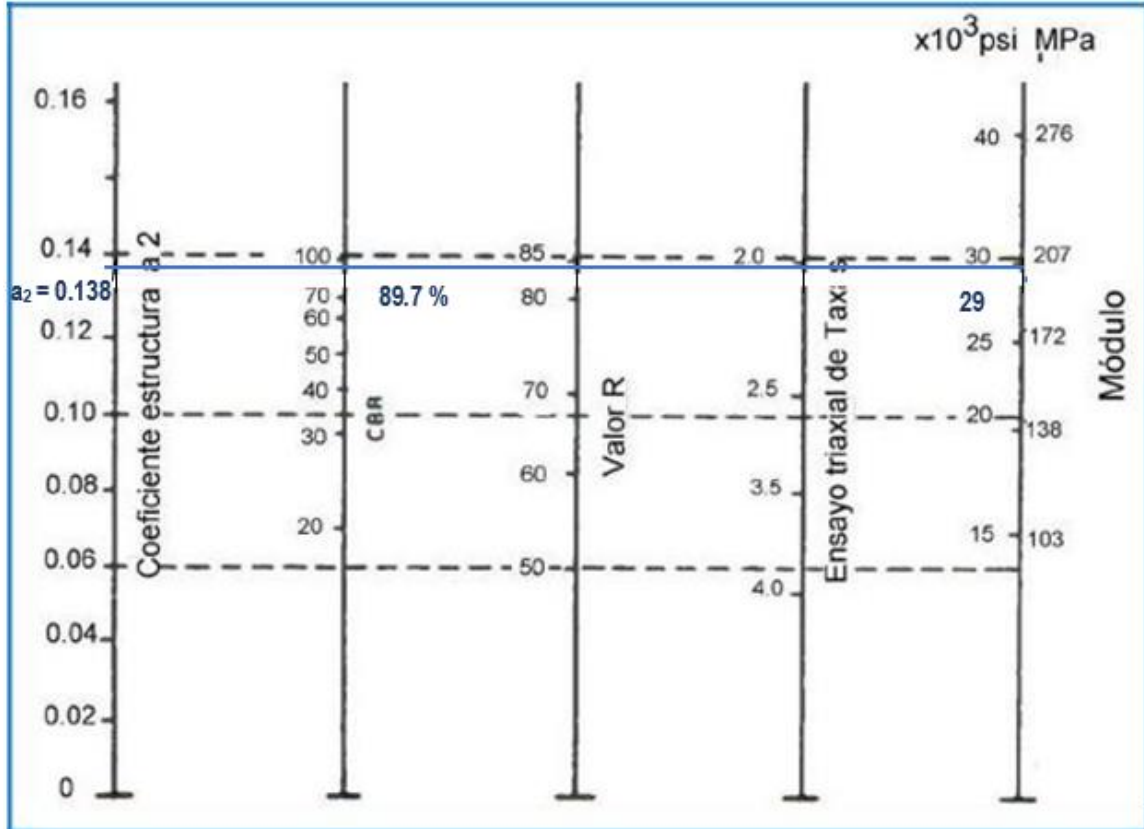
a_1 : Para la carpeta de rodamiento (**Adoquín**).

Para el coeficiente estructural del adoquín se utilizó el valor de **0.45** empleado en el ejercicio de diseño de pavimento de adoquín por el método de la AASHTO 93, ilustrado en el Manual Centroamericano de Pavimento pág. 107.

a_2 : Para la base granular (**Banco de Préstamo**).

El coeficiente estructural para el caso de la capa base está constituida por agregados no tratados, se determinada a partir del Módulo Resiliente. El coeficiente estructural **a_2** es de **0.138**, el cual se obtiene del nomograma para bases granulares no tratadas de la AASHTO 93, pág. 35 .

Nomograma 3: Relación entre el coeficiente estructural para base granular.



Fuente: Guía de diseño para pavimento AASHTO 93.

7.6. Número Estructural.

También conocido como valor de soporte de suelo, es un número asignado para poder representar la capacidad de soporte de un pavimento. Este número indica la cantidad de espesores o capas que requiere un pavimento para soportar las cargas a las que será sometido durante su vida útil.

Se hace uso del nomograma establecido por la Guía para diseño de estructura de pavimento AASHTO 93, aplicando los valores de:

Confiabilidad (R) = 80 %

Desviación Estándar (So) = 0.45

ESAL's (ejes equivalentes) = 693,306.

Módulo de resiliencia de la sub rasante (Mr) = 11,337 PSI

Módulo Resiliente de base (M_r) = 29,000 PSI

Serviciabilidad Inicial P_o = 4.2

Serviciabilidad Final P_t = 2.0

Perdida de Serviciosabilidad (ΔPSI) = 2.2

Coeficiente estructural carpeta de adoquín a_1 = 0.45

Coeficiente estructural base a_2 = 0.138

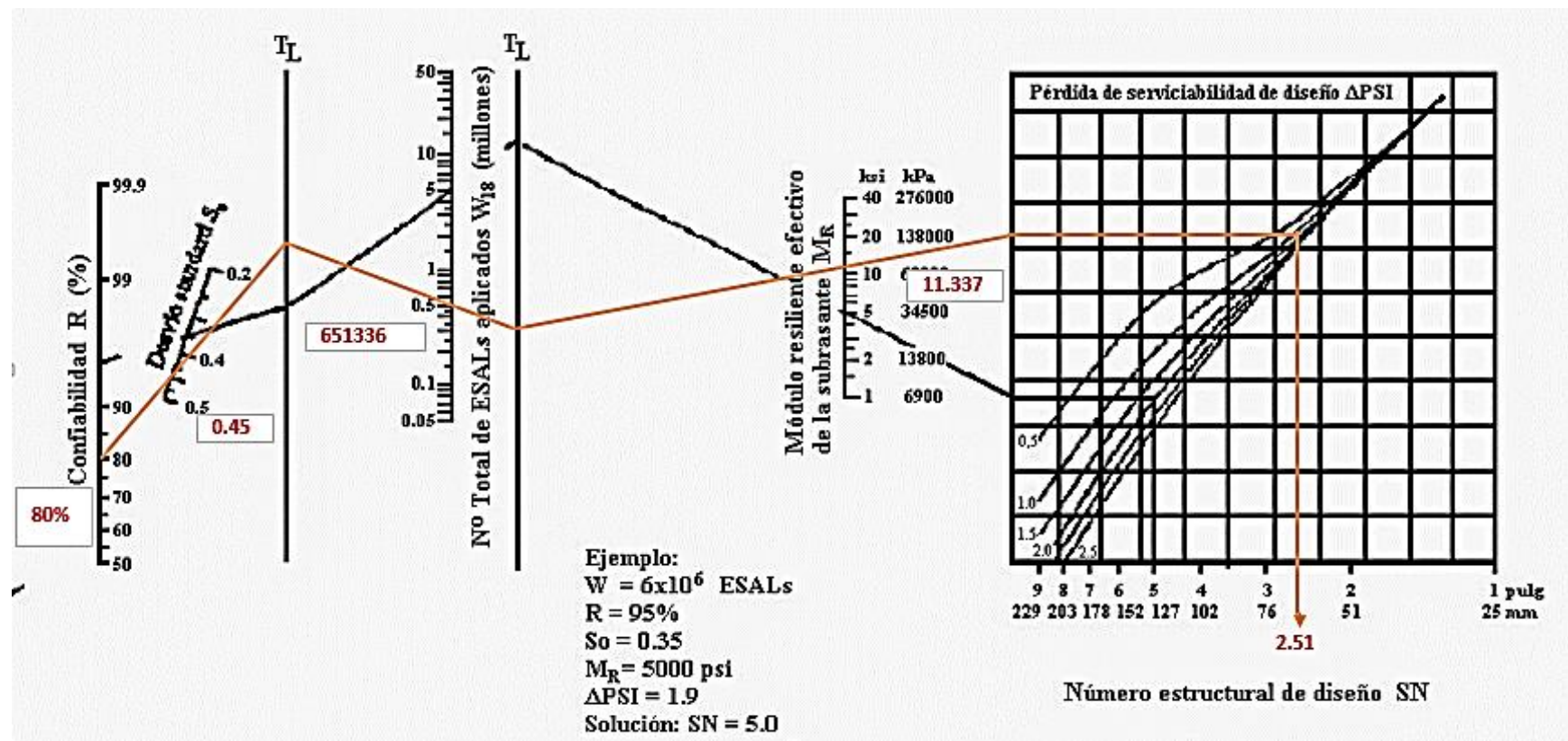
Drenaje m_i = 1.0

Obteniendo así, el Número Estructural (SN):

SN = 2.51

Como se muestra a continuación en el Nomograma 4 del número Estructural
Requerido para Subrasante

Nomograma 4: Número Estructural Requerido para Subrasante.



Fuente: Guía de Diseño para Estructuras de Pavimento, AASHTO 93. Pág. 3-40.

Así mismo se hace uso del Software Ecuación AASHTO 93 como modo de comprobación del Numero Estructural NS como se muestra a continuación.

Imagen 15: Ecuación AASHTO 93

Ecuación AASHTO 93

Tipo de Pavimento:
☒ Pavimento flexible ☐ Pavimento rígido

Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So):
 80 % $Z_r = -0.841$ So = 0.45

Serviciabilidad inicial y final:
 PSI inicial = 4.2 PSI final = 2

Módulo resiliente de la subrasante:
 Mr = 11337 psi

Información adicional para pavimentos rígidos:

Módulo de elasticidad del concreto - E_c (psi)	<input type="text"/>	Coeficiente de transmisión de carga - (J)	<input type="text"/>
Módulo de rotura del concreto - S_c (psi)	<input type="text"/>	Coeficiente de drenaje - (Cd)	<input type="text"/>

Tipo de Análisis:
☒ Calcular SN **W18 = 651336**
☐ Calcular W18

Número Estructural:
SN = 2.51

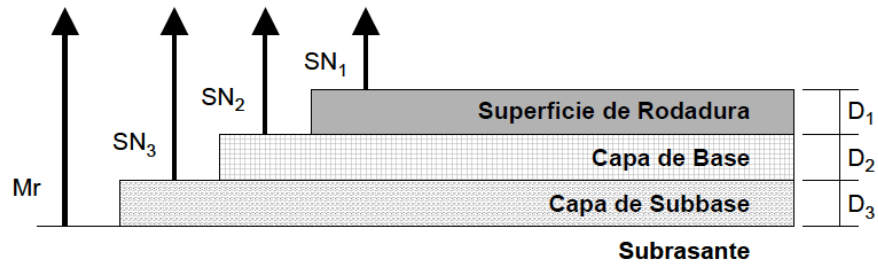
Fuente: Software Ecuación AASHTO 93.

7.7 Cálculo de los espesores.

Las capas granulares no tratadas, deben de estar protegidas de presiones verticales excesivas, que lleguen a producir deformaciones permanentes.

Para evitar las deformaciones excesivas, los materiales son seleccionados para cada capa: Superficie de rodadura, base granular y subbase con buen CBR, límites, etc. (Imagen 16).

Imagen 16: Estructura de Pavimento Articulado.



Fuente: Guía para diseño de estructuras de pavimentos, AASHTO, 1,993.

Después de los datos obtenidos del Numero Estructura (SN) se procede a calcular los espesores de capa. Proponiendo el espesor del adoquín estándar de 4 pulgadas.

$D_1 = 4$ Pulgadas de espesor

$$SN_1 = D_1 * a_1 \quad \text{Ecuación (30)}$$

$$SN_1 = (4 \times 0.45) = 1.80$$

Base

Ecuación (31)

$$SN = SN_2^* - SN_1$$

$$SN_2^* = 2.51 - 1.80 = 0.71$$

$$D_2 = SN_2^* / (a_2 * m) \quad \text{Ecuación (32)}$$

$$D_2 = 0.71 / (0.138 * 1) = 5.1449 \approx 6 \text{ pulgadas}$$

Convirtiendo las pulgadas a centímetros resulta el siguiente resultado:

$$D_2 = (4 * 2.54) = 15.246 \text{ cm}$$

Como el resultado en el diseño de la Base fue de 15.246 centímetros de espesor; el cual cumple con el mínimo de espesor requerido para la base según la AASHTO 93, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 47: Espesores Mínimos.

Número de ESAL's	Concreto Asfáltico	Base Granular
Menos de 50,000	2.5 cm	10 cm
50,000 – 15,000	5,0 cm	10 cm
150,000 – 500,000	6.5 cm	10 cm
500,000 – 2,000,000	7.5 cm	15 cm
2,000,000 – 7,000,000	9.0 cm	15 cm
Más de 7,000,000	10.0 cm	15 cm

Fuente: Guía de Diseño para Estructuras de Pavimento, AASHTO 93. pag.3.46.

7.8. Como verificación.

$$SN = (D_1 * a_1) + (D_2 * a_2 * m) \quad \text{Ecuación (33)}$$

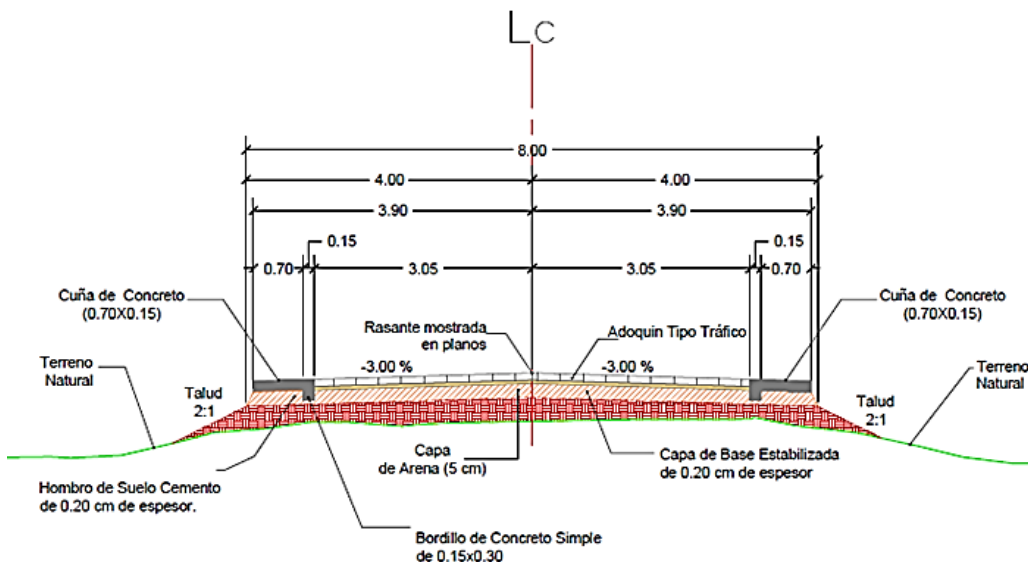
$$SN = (4 * 0.45) + (6 * 0.138 * 1)$$

$$SN = 2.628$$

$$SN_1 + SN_2 \geq SN^*$$

$$2.628 \geq 2.51 \text{ (cumple)}$$

Imagen 17: Sección típica de espesores.





CAPITULO VIII.
PRESUPUESTO
APROXIMAD

CAPITULO VIII. PRESUPUESTO APROXIMADO.

8.1. Presupuesto aproximado.

El presupuesto del proyecto consiste en una serie de costos que determinaran la factibilidad de la obra a ejecutarse. Dichos costos se evalúan determinando la cantidad de obra, designando valores unitarios a cada una de ellas.

Hay muchos factores que se deben de tomar en cuenta al momento de realizar un presupuesto, entre ellos, la cantidad de materiales, la mano de obra, el factor del transporte, la disponibilidad de recursos, la accesibilidad y una serie de gastos indirectos que de alguna manera u otra definirán el costo total del proyecto con el fin de garantizar su adecuada ejecución.

8.2. Actividades del proyecto.

El alcance de la vida útil para la cual se está diseñando este proyecto depende de dos componentes los cuales son:

Carpeta de rodamiento: Nivelación y conformación, corte y relleno, colocación de adoquines y bordillos.

Drenaje vial: Alcantarillas con sus respectivos aletones y tuberías acorde al tipo de caudal diseñado.

8.3. Costos Directos.

Materiales: Se consultó la guía de costos y el catalogo proporcionado por la alcaldía Municipal de Jinotega.

Mano de obras: Se determinó con un porcentaje de costos unitarios de la actividad (Material + Equipo).

Materiales y Equipos: Se obtuvo a partir de la guía de costos del FISE.

8.4. Costos Indirectos.

Para la determinación para los costos indirectos se aplicaron factores de total de costos directos de la obra. A continuación en la tabla se detalla los costos indirectos.

Tabla 48: Costos Indirecto.

Descripción	Porcentaje
Utilidades	30%
Impuestos sobre el Valor Agregado (IVA)	15%
Gastos administrativos	15%
Imprevistos	2%
Impuesto Municipal	1%

Fuente: Elaboración propia.

8.5. Determinación de los costos por Etapas.

El cálculo de cantidad de cada una de las etapas se hizo según los planos y las especificaciones técnicas del diseño. Tomando en consideración que para la construcción de las obras se utilizara mano de obra calificada, además de calificar el personal para la supervisión y mantenimiento de las obras, proveniente de la población de cada una del tramo.

Para lograr la estrategia de ejecución del proyecto se debe constar con el personal de 45 personas que a continuación se detalla.

Tabla 49: Mano de obra del proyecto.

Personal	Cantidad
Ingeniero Residente	1
Fiscal o Maestro de obras	1
Albañiles	10
Ayudantes	20
Bodeguero	1
Mecánicos de equipos pesados	2
Operador de BULDOZER D8	1
Operador de Motoniveladora	1
Operador de Camión Volquete	4
Operador de Retroexcavadora	1
Operador de Vibro Compactador	1
Operador de Pala Frontal	1
Operador de Cisterna	1
Total	45

Fuente: Elaboración propia.

Para el cálculo de costos unitarios es necesario tener en cuenta el listado de materiales que se deben utilizar en cada una de las etapas del proyecto, a continuación, se detallan en la tabla 50.

Tabla 50: Materiales de construcción.

DESCIPCION	UNIDAD DE MEDIDA
Material Selecto	m ³
Cemento	saco
Adoquín Tipo Trafico	C/U
Piedra Triturada de 1/2"	m ³
Arena	m ³
Piedra Bolón	m ³
Tubo de Concreto Reforzado de 72 "	C/U
Tubo de Concreto Reforzado de 48 "	C/U
Agua	m ³
Herramientas	Glb
Madera de pino	Pulg ² vr
Clavos corrientes	lbs
Perlin de 2" x 4 " x 1/6" x 20	C/U
Acero de refuerzo	kgs
Alambre de amarre	lbs
Pintura anticorrosiva	gal
Señales informativas	C/U
Señales reglamentarias	C/U
Marcas de pavimento tipo c	M

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 51: Presupuesto general.

ETAPAS	SUB-ETAPAS	DESCRIPCION	U/M	CANTIDAD	COSTOS UNITARIOS	MATERIALES	MANO DE OBRA	TRANSPORTE	MAQUINARIA	TOTAL
1		PRELIMINARES	global			C\$ -	C\$ 356,416.42	C\$ -	C\$ -	356416.416
	01	Limpieza Preliminar (ancho de 8 m a cada lado de la via)	m²	32848	C\$ 5.20		C\$ 170,809.60			C\$ 170,809.60
	02	Trazo y nivelacion eje central	ml	2060	C\$ 12.70		C\$ 26,162.00			C\$ 26,162.00
	03	Trazo y nivelacion para adoquinado	m²	15214.2	C\$ 10.48		C\$ 159,444.82			C\$ 159,444.82
2		MOVILIZACION				C\$ -	C\$ -	C\$ 129,000.00	C\$ -	C\$ 129,000.00
	01	movilizacion y desmovilizacion de equipos de movimiento de tierra	km	60	C\$ 2,150.00			C\$ 129,000.00		C\$ 129,000.00
3		MOVIMIENTO DE TIERRA	m³			C\$ -	C\$ -	C\$ -	C\$ 2,715,467.09	C\$ 2,715,467.09
	01	Corte y/o excavacion con tractor de oruga D8	m³	8398.39	C\$ 45.33				C\$ 380,727.01	C\$ 380,727.01
	02	conformacion y compactacion con motoniveladora , vibro compactadora y cisterna.	m²	15214	C\$ 31.02				C\$ 471,938.28	C\$ 471,938.28
	03	botar material sobrante de excavacion a 5k con camion bolquete	m³	9658.1485	C\$ 140.02				C\$ 1,352,333.95	C\$ 1,352,333.95
	04	explotacion o corte con tractor de orugas, en banco de prestamo D8	m³	2852.5	C\$ 49.45				C\$ 141,069.09	C\$ 141,069.09
	05	acarreo de material selecto, cargue con equipo (incluye derecho de explotacion)	m³	2852.5	C\$ 129.50				C\$ 369,398.75	C\$ 369,398.75
4		carpeta de rodamiento	m²			C\$ 6,311,394.75	C\$ 867,209.40	C\$ -	C\$ -	C\$ 7,178,604.15
	01	pegado de adoquin	m²	15214.2	C\$ 45.00		684639			C\$ 684,639.00
		adoquin	unidades	304284	C\$ 18.00	C\$ 5,477,112.00				C\$ 5,477,112.00
		medio adoquin	unidades	16431.336	C\$ 15.00	C\$ 246,470.04				C\$ 246,470.04
		arena para colchon	m³	950.8875	C\$ 550.00	C\$ 522,988.13				C\$ 522,988.13
	02	caliche de adoquin	m²	15214.2	C\$ 12.00		C\$ 182,570.40			C\$ 182,570.40
		arena para caliche	m³	117.862886	C\$ 550.00	C\$ 64,824.59				C\$ 64,824.59
5		bordillos de concreto de 3000 PSI	ml	4100		C\$ 763,645.50	C\$ 119,925.00	C\$ -	C\$ -	C\$ 883,570.50
	01	concreto de 3000 psi ancho=0.15 alto=0.30	m³	184.5	C\$ 650.00		119925			C\$ 119,925.00
		cemento	bolsa	1752.75	C\$ 330.00	C\$ 578,407.50				C\$ 578,407.50
		arena	m³	103.32	C\$ 550.00	C\$ 56,826.00				C\$ 56,826.00
		grava 1/2	m³	154.98	C\$ 800.00	C\$ 123,984.00				C\$ 123,984.00
		agua	gal	8856	C\$ 0.50	C\$ 4,428.00				C\$ 4,428.00

6		viga de remate longitudinal	ml	4100		C\$ 763,645.50	C\$ 88,560.00	C\$ -	C\$ -	C\$ 852,205.50
	01	concreto de 3000 psi ancho=0.05 alto=0.30	m²	184.5	C\$ 480.00		88560			C\$ 88,560.00
		cemento	bolsas	1752.75	C\$ 330.00	C\$ 578,407.50				C\$ 578,407.50
		arena	m³	103.32	C\$ 550.00	C\$ 56,826.00				C\$ 56,826.00
		grava 1/2	m³	154.98	C\$ 800.00	C\$ 123,984.00				C\$ 123,984.00
		agua	gal	8856	C\$ 0.50	C\$ 4,428.00				C\$ 4,428.00
7		vigas de remate transversal	ml	72.2		C\$ 13,447.61	C\$ 2,111.85	C\$ -	C\$ -	C\$ 15,559.46
	01	concreto de 3000 psi ancho=0.15 alto=0.30	ml	3.249	C\$ 650.00		2111.85			C\$ 2,111.85
		cemento	bolsas	30.8655	C\$ 330.00	C\$ 10,185.62				C\$ 10,185.62
		arena	m³	1.81944	C\$ 550.00	C\$ 1,000.69				C\$ 1,000.69
		grava 1/2	m³	2.72916	C\$ 800.00	C\$ 2,183.33				C\$ 2,183.33
		agua	gal	155.952	C\$ 0.50	C\$ 77.98				C\$ 77.98
8		señalización vial				C\$ 23,000.00	C\$ 51,250.00	C\$ -	C\$ -	C\$ 74,250.00
	01	señalamiento vertical								C\$ -
		señales tipo 1, señal de alto	c/u	3	C\$ 3,000.00	C\$ 9,000.00				C\$ 9,000.00
		señales tipo 2	c/u	3	C\$ 2,800.00	C\$ 8,400.00				C\$ 8,400.00
		señales tipo 3	c/u	2	C\$ 2,800.00	C\$ 5,600.00				C\$ 5,600.00
										C\$ -
	02	Señalamiento horizontal								C\$ -
		línea pintada en línea central	ml	2050	C\$ 25.00		C\$ 51,250.00			C\$ 51,250.00
9		compactación de adoquinado				C\$ 1,280,395.86	C\$ 652,807.14	C\$ 218,445.99	C\$ 268,200.02	C\$ 2,419,849.02
	01	compactación con vibrocompactadora 3 pasadas	m²	15214.2	C\$ 6.20			C\$ 94,328.04		C\$ 94,328.04
10		ALCANTARILLAS	UNIDADES	2		C\$ 640,197.93	C\$ 326,403.57	C\$ 62,058.98	C\$ 134,100.01	C\$ 1,162,760.49
	01	Mampostería Clase "A" para alcantaría	m²	68.26	C\$ 5,168.00	97,475.28	139250.4	13,925.04	C\$ 102,116.96	C\$ 352,767.68
	03	Material de Relleno de Alcantarillas	m³	131.3	C\$ 280.16	C\$ 12,499.76		C\$ 11,785.49	C\$ 13,392.60	C\$ 37,677.85
	04	Tubería de Concreto (72")	ml	55.2	C\$ 7,241.00	C\$ 399,703.20				C\$ 399,703.20
	05	Tubería de Concreto (48")	ml	11.6	C\$ 4,060.21	C\$ 47,098.44				C\$ 47,098.44
	06	Tragantes	ml	4	C\$ 74,936.00	C\$ 79,424.00	172720	C\$ 34,000.00	C\$ 13,600.00	C\$ 299,744.00
	07	Lecho clase B	m²	14.39	C\$ 1,790.78	C\$ 3,997.25	14433.17	C\$ 2,348.45	C\$ 4,990.45	C\$ 25,769.32
11		limpieza final				C\$ -	C\$ 502,250.00	C\$ -	C\$ -	C\$ 502,250.00
	01	limpieza final del tramo derecho de vía	m²	61500	C\$ 8.00		C\$ 492,000.00			C\$ 492,000.00
		rotulo del proyecto	c/u	1	C\$ 6,000.00		10250			C\$ 10,250.00
		total				C\$ 9,795,727.15	C\$ 2,966,933.38	C\$ 409,504.97	C\$ 3,117,767.12	C\$ 16,289,932.62

Tabla 52: Total de costos.

Tabla de resumen de costos		
TASA DE CAMBIO		34
costos directos		
Descripcion	Costos moneda local	Costos moneda extranjera
Materiales	C\$ 9,795,727.15	\$ 288,109.62
Mano de obra	C\$ 2,966,933.38	\$ 87,262.75
Transporte	C\$ 409,504.97	\$ 12,044.26
Maquinaria	C\$ 3,117,767.12	\$ 91,699.03
Total	C\$ 16,289,932.62	\$ 479,115.67
costos indirectos		
Gastos administrativos (15%)	C\$ 2,443,489.89	\$ 71,867.35
Imprevistos 2%	C\$ 325,798.65	\$ 9,582.31
Impuestos 1% municipal 15%+4	C\$ 3,049,475.39	\$ 89,690.45
Utilidades	C\$ 4,886,979.79	\$ 143,734.70
total	C\$ 10,705,743.72	\$ 314,874.82
GRAN TOTAL	C\$ 26,995,676.34	\$ 793,990.48



CAPÍTULO IX.

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

Capitulo IX. Conclusiones y Recomendaciones.

9.1. Conclusiones.

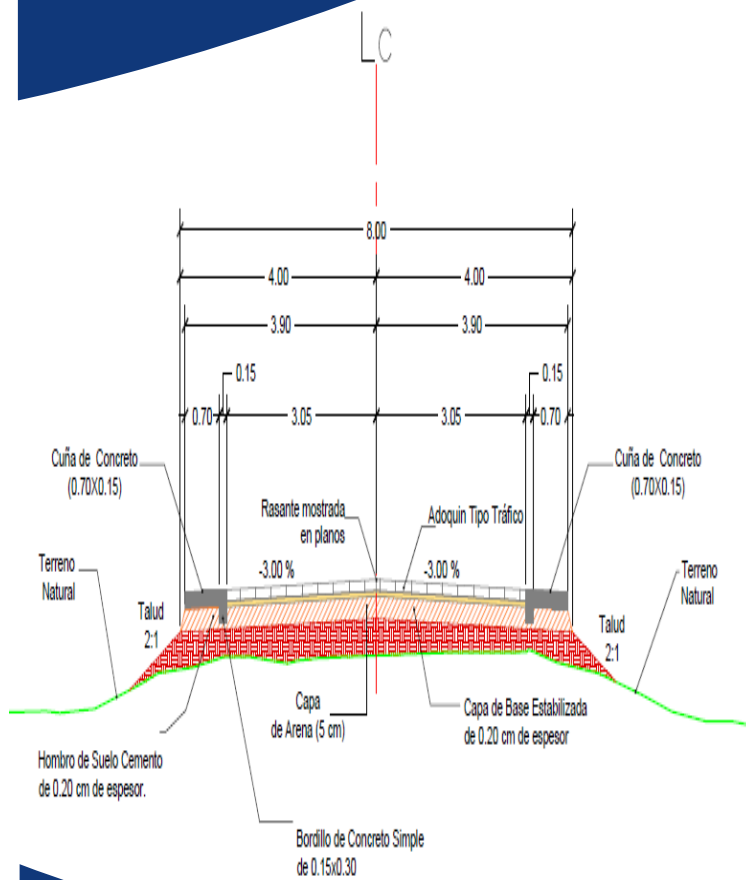
- A partir del estudio topográfico se determinó que la longitud del tramo estudiado es de 2.053 Km. La topografía del terreno es rural plana con pendientes mayores al 8%.
- La velocidad de diseño que rige en el proyecto es de 40 km/h, en el Diseño se obtuvieron 13 curvas horizontales y 8 curvas verticales las cuales cumplen con los criterios del Manual de la SIECA 2004.
- En el análisis hidrológico e hidráulico se determinaron cuatro alcantarillas existentes, de las cuales dos de ellas cumplen con el caudal de diseño proyectado las dos obras restante no cumplen por lo tanto se diseñaran nuevas obras de drenaje.
- En el estudio de suelo se analizarón un total de 8 sondeos manuales con profundidades de 1.25 metros, se determinó que los suelos predominantes son los grupos A-2, A-4, A-5.
- El cálculo del CBR de la Sub- Rasante resulto de 13 %, tomando un percentil de 75%.
- Se utilizó el banco de préstamo La Pedrera El Canal, que corresponde a un tipo de suelo granular A-1-a, con un CBR de 89.7 el cual cumple con las Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos, Calles y Puente (NIC-2000).
- En el aforo vehicular se determinó un volumen vehicular semanal de 5554, una tasa de crecimiento del 5%, un TPDA de 883 vehículo/día y un Esal de 651,336 para un periodo de diseño de 20 años.
- En el diseño de pavimento se determinó los espesores restante son de 4 pulgadas para carpeta de rodamiento (adoquín), 5 centímetros de colchón de arena y 15 centímetro para la base.
- En el presupuesto el resultado de los costos directos fue de un total de C\$ 16, 289,932.62 y el resultado de los costos indirectos fue de C\$ 10, 705,743.72, para un monto total de obra de C\$ 26, 995,676.34.

9.2. Recomendaciones.

- Respetar los espesores de pavimentos propuestos en el documento
- Utilizar adoquín tipo tráfico y que este cumpla con su resistencia de 3,500 PSI según la NIC 2000
- Utilizar adoquines procedentes de fábricas certificadas y reconocidas a nivel nacional
- Que el adoquín este confinado en sus bordes laterales por bordillos, cuyo objeto es el proteger y respaldar debidamente al adoquinado.
- Utilizar mano de obra calificada en todas las etapas constructivas
- Darle mantenimiento periódico a la carpeta de rodamiento para maximizar su vida útil que también evita los altos costos de mantenimientos correctivos o rehabilitación.
- Para garantizar una aproximación del costo total del proyecto se deben realizar actualizaciones de precios debido fluctuaciones existentes en el mercado.

9.3. Bibliografías.

- Climate-Data-Org.* (s.f.). Obtenido de <https://es.climate-data.org/america-del-norte/nicaragua/jinotega/jinotega-714788/>
- Diseño de Pavimentos.* (1993). instituto Nacional de Carreteras de Estados Unidos (NHI).
- Fonseco, A. M. (s.f.). *Ingeniería de Pavimento para Carreteras.* Universidad Catolica de Colombia.
- Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el control de Transito. (2000). Guatemala: SIECA.
- MTC. (2013). *Manual de carreteras, suelos, geología, geotecnia y pavimentos.* Lima, Peru: Direccion general de caminos y ferrocarriles. Obtenido de http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/P_recientes/4515.pdf
- MTI. (2008). *Manual para la revision de diseños de pavimentos.* Managua. Paz-Danida.
- MTI. (2018). *Red vial de Nicaragua 2017.* Managua: MTI.
- Republica de Nicaragua Programa de Apoyo al Sector Transporte (Paz- Danida). (2004). *Guía Hidraulica Para el Diseño de Obras de Drenaje en Caminos Rurales.* Nicaragua: Paz-Danida.
- SIECA. (2004). *Normas para el diseño geometricos de carreteras regionales.* Guatemala: PROALCA II, SIECA.



ANEXOS

Anexo.

Datos de curvas horizontales.

Tangent Data

Description	PT Station	Northing	Easting
Start:	0+000.000	1452123.000	604355.000
End:	0+005.320	1452118.927	604351.577

Tangent Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	5.320	Course:	S 40° 02' 30.2410" W

Curve Point Data

Description	Station	Northing	Easting
PC:	0+005.320	1452118.927	604351.577
RP:		1452293.650	604143.657
PT:	0+030.759	1452100.246	604334.324

Circular Curve Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Delta:	05° 22' 00.3799"	Type:	RIGHT
Radius:	271.586		
Length:	25.439	Tangent:	12.729

Mid-Ord:	0.298	External:	0.298
Chord:	25.430	Course:	S 42° 43' 30.4309" W

Tangent Data

Description	PT Station	Northing	Easting
Start:	0+030.759	1452100.246	604334.324
End:	0+047.022	1452088.829	604322.743

Tangent Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	16.262	Course:	S 45° 24' 30.6209" W

Curve Point Data

Description	Station	Northing	Easting
PC:	0+047.022	1452088.829	604322.743
RP:		1451967.743	604442.114
PT:	0+069.666	1452071.906	604307.721

Circular Curve Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Delta:	07° 37' 49.7202"	Type:	LEFT
Radius:	170.034		
Length:	22.645	Tangent:	11.339

Mid-Ord:	0.377	External:	0.378
Chord:	22.628	Course:	S 41° 35' 35.7608" W

Tangent Data

Description	PT Station	Northing	Easting
Start:	0+069.666	1452071.906	604307.721
End:	0+071.657	1452070.333	604306.502

Tangent Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	1.991	Course:	S 37° 46' 40.9007" W

Curve Point Data

Description	Station	Northing	Easting
PC:	0+071.657	1452070.333	604306.502
RP:		1453620.800	602306.068
PT:	0+157.557	1452003.344	604252.737

Circular Curve Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Delta:	01° 56' 40.6421"	Type:	RIGHT
Radius:	2530.946		
Length:	85.900	Tangent:	42.954

Mid-Ord:	0.364	External:	0.364
Chord:	85.896	Course:	S 38° 45' 01.2217" W

Tangent Data

Description	PT Station	Northing	Easting
Start:	0+157.557	1452003.344	604252.737
End:	0+174.264	1451990.494	604242.060

Tangent Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	16.706	Course:	S 39° 43' 21.5427" W

Curve Point Data

Description	Station	Northing	Easting
PC:	0+174.264	1451990.494	604242.060
RP:		1451754.166	604526.490
PT:	0+202.660	1451967.978	604224.769

Circular Curve Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Delta:	04° 23' 58.7425"	Type:	LEFT
Radius:	369.799		
Length:	28.396	Tangent:	14.205

Mid-Ord:	0.273	External:	0.273
Chord:	28.389	Course:	S 37° 31' 22.1715" W

Tangent Data

Description	PT Station	Northing	Easting
Start:	0+202.660	1451967.978	604224.769
End:	0+266.810	1451915.638	604187.679

Tangent Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	64.150	Course:	S 35° 19' 22.8002" W

Curve Point Data

Description	Station	Northing	Easting
PC:	0+266.810	1451915.638	604187.679
RP:		1451852.144	604277.279
PT:	0+281.431	1451903.182	604180.043

Circular Curve Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Delta:	07° 37' 42.1609"	Type:	LEFT
Radius:	109.816		
Length:	14.621	Tangent:	7.321

Mid-Ord:	0.243	External:	0.244
Chord:	14.610	Course:	S 31° 30' 31.7198" W

Tangent Data

Description	PT Station	Northing	Easting
Start:	0+281.431	1451903.182	604180.043
End:	0+333.442	1451857.129	604155.870

Tangent Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	52.012	Course:	S 27° 41' 40.6393" W

Curve Point Data

Description	Station	Northing	Easting
PC:	0+333.442	1451857.129	604155.870
RP:		1451785.490	604292.354
PT:	0+350.307	1451841.798	604148.864

Circular Curve Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Delta:	06° 16' 07.5379"	Type:	LEFT
Radius:	154.143		
Length:	16.865	Tangent:	8.441

Mid-Ord:	0.231	External:	0.231
Chord:	16.856	Course:	S 24° 33' 36.8703" W

Tangent Data

Description	PT Station	Northing	Easting
Start:	0+350.307	1451841.798	604148.864
End:	0+447.848	1451750.998	604113.232

Tangent Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	97.541	Course:	S 21° 25' 33.1014" W

Curve Point Data

Description	Station	Northing	Easting
PC:	0+447.848	1451750.998	604113.232
RP:		1451698.391	604247.292
PT:	0+460.575	1451738.961	604109.113

Circular Curve Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Delta:	05° 03' 48.2364"	Type:	LEFT
Radius:	144.012		
Length:	12.727	Tangent:	6.368

Mid-Ord:	0.141	External:	0.141
Chord:	12.723	Course:	S 18° 53' 38.9832" W

Tangent Data

Description	PT Station	Northing	Easting
Start:	0+460.575	1451738.961	604109.113
End:	0+806.173	1451407.360	604011.753

Tangent Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	345.598	Course:	S 16° 21' 44.8650" W

Curve Point Data

Description	Station	Northing	Easting
PC:	0+806.173	1451407.360	604011.753
RP:		1451181.989	604779.352
PT:	0+820.580	1451393.501	604007.819

Circular Curve Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Delta:	01° 01' 54.4767"	Type:	LEFT
Radius:	800.000		
Length:	14.407	Tangent:	7.204

Mid-Ord:	0.032	External:	0.032
Chord:	14.406	Course:	S 15° 50' 47.6267" W

Tangent Data

Description	PT Station	Northing	Easting
Start:	0+820.580	1451393.501	604007.819
End:	0+928.037	1451289.867	603979.409

Tangent Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	107.458	Course:	S 15° 19' 50.3883" W

Curve Point Data

Description	Station	Northing	Easting
PC:	0+928.037	1451289.867	603979.409
RP:		1451303.880	603928.295
PT:	1+038.100	1451265.957	603891.269

Circular Curve Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Delta:	118° 59' 00.5598"	Type:	RIGHT
Radius:	53.000		
Length:	110.063	Tangent:	89.947

Mid-Ord:	26.094	External:	51.400
Chord:	91.325	Course:	S 74° 49' 20.6682" W

Tangent Data

Description	PT Station	Northing	Easting
Start:	1+038.100	1451265.957	603891.269
End:	1+250.599	1451414.407	603739.222

Tangent Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	212.499	Course:	N 45° 41' 09.0519" W

Curve Point Data

Description	Station	Northing	Easting
PC:	1+250.599	1451414.407	603739.222
RP:		1451528.936	603851.040
PT:	1+377.638	1451528.346	603690.979

Circular Curve Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Delta:	45° 28' 28.7997"	Type:	RIGHT
Radius:	160.063		
Length:	127.039	Tangent:	67.078

Mid-Ord:	12.439	External:	13.487
Chord:	123.731	Course:	N 22° 56' 54.6520" W

Tangent Data

Description	PT Station	Northing	Easting
Start:	1+377.638	1451528.346	603690.979
End:	1+448.972	1451599.679	603690.716

Tangent Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	71.333	Course:	N 00° 12' 40.2522" W

Curve Point Data

Description	Station	Northing	Easting
PC:	1+448.972	1451599.679	603690.716
RP:		1451597.467	603090.720
PT:	1+484.189	1451634.872	603689.553

Circular Curve Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Delta:	03° 21' 46.8371"	Type:	LEFT
Radius:	600.000		
Length:	35.217	Tangent:	17.614

Mid-Ord:	0.258	External:	0.258
Chord:	35.212	Course:	N 01° 53' 33.6707" W

Tangent Data

Description	PT Station	Northing	Easting
Start:	1+484.189	1451634.872	603689.553
End:	1+634.173	1451784.564	603680.202

Tangent Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	149.984	Course:	N 03° 34' 27.0893" W

Curve Point Data

Description	Station	Northing	Easting
PC:	1+634.173	1451784.564	603680.202
RP:		1451834.437	604478.646
PT:	1+649.245	1451799.615	603679.405

Circular Curve Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Delta:	01° 04' 46.0057"	Type:	RIGHT
Radius:	800.000		
Length:	15.072	Tangent:	7.536

Mid-Ord:	0.035	External:	0.035
Chord:	15.072	Course:	N 03° 02' 04.0864" W

Tangent Data

Description	PT Station	Northing	Easting
Start:	1+649.245	1451799.615	603679.405
End:	1+821.342	1451971.548	603671.914

Tangent Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	172.097	Course:	N 02° 29' 41.0836" W

Curve Point Data

Description	Station	Northing	Easting
PC:	1+821.342	1451971.548	603671.914
RP:		1451974.726	603744.844
PT:	1+866.835	1452014.710	603683.769

Circular Curve Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Delta:	35° 42' 21.8449"	Type:	RIGHT
Radius:	73.000		
Length:	45.493	Tangent:	23.512

Mid-Ord:	3.515	External:	3.693
Chord:	44.760	Course:	N 15° 21' 29.8389" E

Tangent Data

Description	PT Station	Northing	Easting
Start:	1+866.835	1452014.710	603683.769
End:	2+052.963	1452170.435	603785.716

Tangent Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	186.128	Course:	N 33° 12' 40.7613" E

Datos de curvas verticales.

Profile Vertical Curve Report

Vertical Alignment: Rasante Las Lomas Prop
Description:
Station Range: Start: 0+000.00, End: 2+053.15

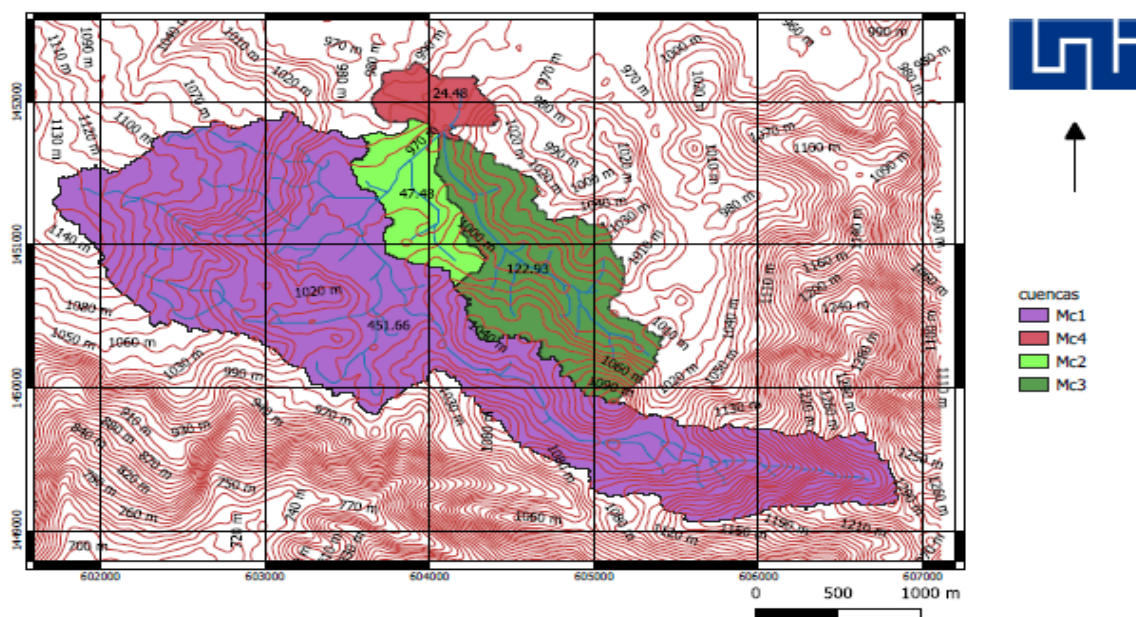
Vertical Curve Information:(sag curve)			
PVC Station:	0+028.42	Elevation:	971.920m
PVI Station:	0+154.93	Elevation:	967.918m
PVT Station:	0+281.44	Elevation:	969.538m
Low Point:	0+208.52	Elevation:	969.071m
Grade in:	-3.16%	Grade out:	1.28%
Change:	4.44%	K:	56.936m
Curve Length:	253.029m	Curve Radius	5,693.600m
Headlight Distance:	282.460m		

Vertical Curve Information:(crest curve)			
PVC Station:	0+475.44	Elevation:	972.023m
PVI Station:	0+510.43	Elevation:	972.471m
PVT Station:	0+545.42	Elevation:	972.226m
High Point:	0+520.70	Elevation:	972.313m
Grade in:	1.28%	Grade out:	-0.70%
Change:	1.98%	K:	35.339m
Curve Length:	69.982m	Curve Radius	3,533.933m
Passing Distance:	815.869m	Stopping Distance:	370.586m
Vertical Curve Information:(sag curve)			
PVC Station:	0+611.17	Elevation:	971.766m
PVI Station:	0+634.08	Elevation:	971.606m
PVT Station:	0+656.99	Elevation:	971.917m
Low Point:	0+626.75	Elevation:	971.712m
Grade in:	-0.70%	Grade out:	1.36%
Change:	2.06%	K:	22.269m
Curve Length:	45.826m	Curve Radius	2,226.892m
Headlight Distance:	791.291m		
Vertical Curve Information:(crest curve)			
PVC Station:	0+952.16	Elevation:	975.926m
PVI Station:	1+009.92	Elevation:	976.711m
PVT Station:	1+067.68	Elevation:	975.110m
High Point:	0+990.15	Elevation:	976.184m
Grade in:	1.36%	Grade out:	-2.77%
Change:	4.13%	K:	27.970m
Curve Length:	115.521m	Curve Radius	2,796.989m
Passing Distance:	432.165m	Stopping Distance:	218.667m
Vertical Curve Information:(sag curve)			
PVC Station:	1+159.16	Elevation:	972.574m
PVI Station:	1+281.25	Elevation:	969.190m
PVT Station:	1+403.34	Elevation:	978.716m
Low Point:	1+223.17	Elevation:	971.687m
Grade in:	-2.77%	Grade out:	7.80%

Change:	10.57%	K:	23.094m
Curve Length:	244.190m	Curve Radius	2,309.402m
Headlight Distance:	144.534m		
Vertical Curve Information:(crest curve)			
PVC Station:	1+486.76	Elevation:	985.224m
PVI Station:	1+554.25	Elevation:	990.489m
PVT Station:	1+621.74	Elevation:	989.232m
High Point:	1+595.72	Elevation:	989.474m
Grade in:	7.80%	Grade out:	-1.86%
Change:	9.66%	K:	13.966m
Curve Length:	134.973m	Curve Radius	1,396.580m
Passing Distance:	227.490m	Stopping Distance:	136.251m
Vertical Curve Information:(crest curve)			
PVC Station:	1+739.23	Elevation:	987.043m
PVI Station:	1+798.25	Elevation:	985.944m
PVT Station:	1+857.27	Elevation:	982.058m
High Point:	1+739.23	Elevation:	987.043m
Grade in:	-1.86%	Grade out:	-6.58%
Change:	4.72%	K:	24.999m
Curve Length:	118.040m	Curve Radius	2,499.941m
Passing Distance:	386.520m	Stopping Distance:	199.769m
Vertical Curve Information:(sag curve)			
PVC Station:	1+875.58	Elevation:	980.852m
PVI Station:	1+944.55	Elevation:	976.311m
PVT Station:	2+013.52	Elevation:	980.864m
Low Point:	1+944.46	Elevation:	978.584m
Grade in:	-6.58%	Grade out:	6.60%
Change:	13.19%	K:	10.461m
Curve Length:	137.939m	Curve Radius	1,046.137m
Headlight Distance:	85.476m		

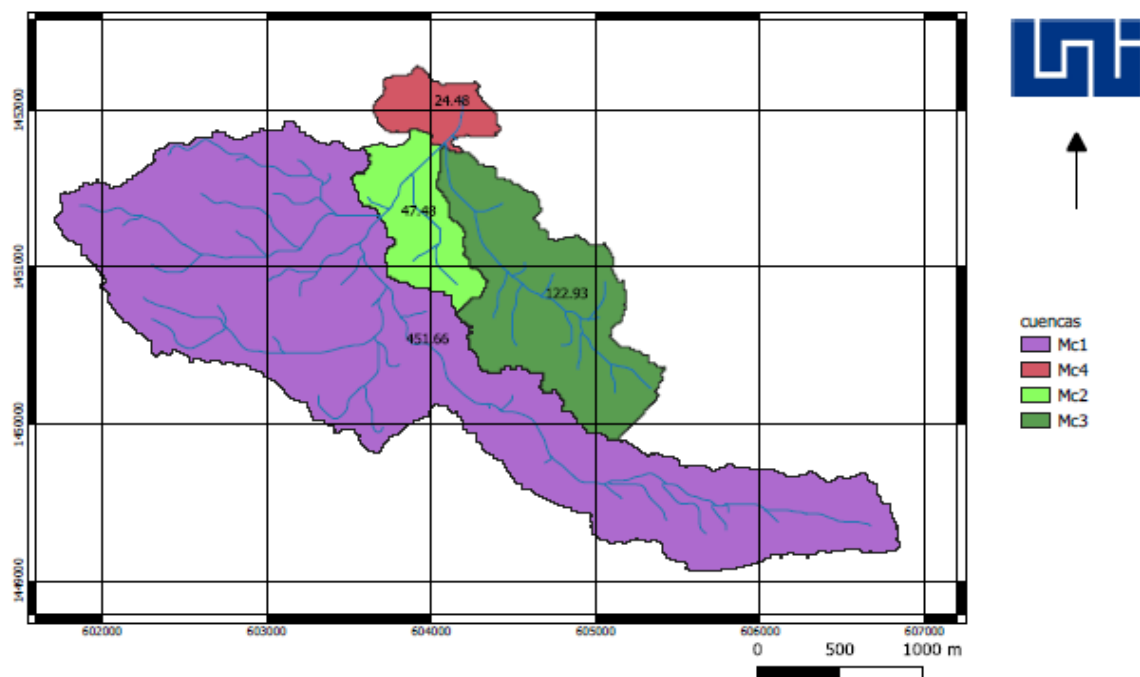
Mapas Hidrológicos de las cuencas.

Mapa 1: Curvas de las Cuencas



Fuente: elaboración propia, utilizando software Qgis.

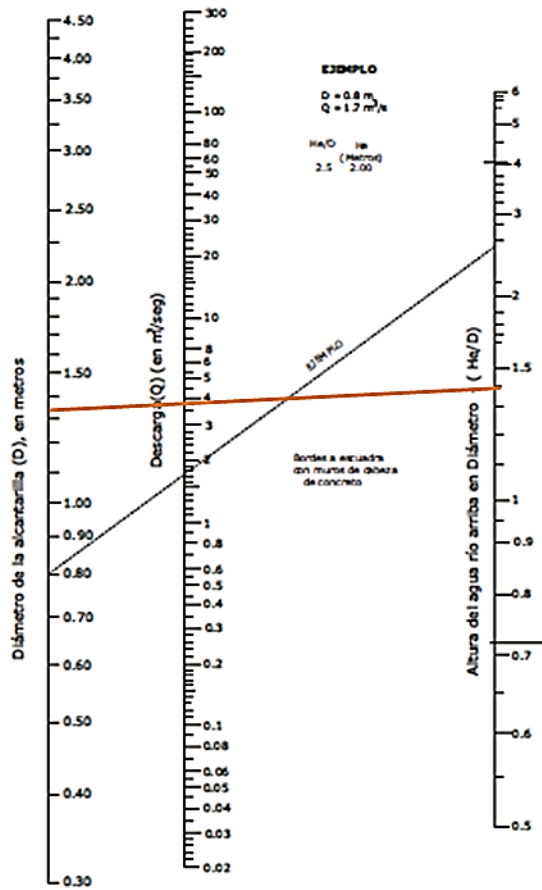
Mapa 2: Áreas de las Cuencas



Fuente: elaboración propia, utilizando software Qgis.

Nomograma 5: FHWA, HDS 5.1998 de la segunda Alcantarilla.

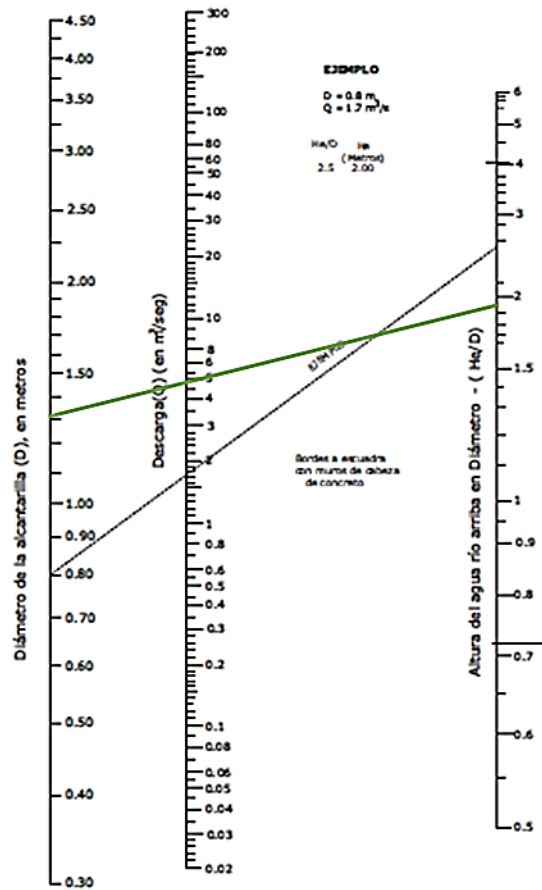
Altura de la carga y capacidad para tubos de concreto con control de entrada (sistema métrico) (adaptado de FHWA, HDS 5. 1998)



Fuente: Guía Hidráulica para el Diseño de Obras de Drenaje en Caminos Rurales (PAST-DANIDA).

Nomograma 6: FHWA, HDS 5.1998 de la cuarta Alcantarilla.

Altura de la carga y capacidad para tubos de concreto con control de entrada (sistema métrico) (adaptado de FHWA, HDS 5. 1998)



Fuente: Guía Hidráulica para el Diseño de Obras de Drenaje en Caminos Rurales (PAST-DANIDA).

o

Imagen 18: Muestras de Sondeos Manuales.



Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 53: Volumen vehicular de la estación 2+053 Transito Diurno de 12 horas

Las Lomas- Jinotega

Sentido: Ambos sentidos

Dias	Vehiculos de pasajeros								Vehiculos de carga								Equipo Pesados		
	Bici	Moto	Jeep	Carro	CMTA	Minibus	Microbus	Bus	CLIV	C2	C3	TxSx<=4e	TxSx<=5e	CxRx<=4	CxRx>=5	Veh. Agr	Veh. Const	Otros	
Lunes 25 de marzo del 2019	62.00	174.00	6.00	8.00	73.00	2.00	8.00	49.00	12.00	8.00	2.00	-	-	-	-	-	2.00	-	406.00
Martes 26 de marzo del 2019	93.00	214.00	7.00	7.00	74.00	-	4.00	52.00	11.00	6.00	-	-	-	-	-	-	-	-	468.00
Miercoles 27 de marzo del 2019	72.00	218.00	5.00	8.00	83.00	5.00	2.00	52.00	13.00	13.00	-	-	-	-	-	-	-	-	471.00
Jueves 28 de marzo del 2019	56.00	187.00	6.00	10.00	67.00	2.00	4.00	50.00	18.00	13.00	1.00	-	1.00	-	-	-	1.00	-	416.00
Viernes 29 de marzo del 2019	78.00	191.00	5.00	16.00	66.00	1.00	5.00	52.00	11.00	5.00	-	-	-	-	-	-	-	-	430.00
Sabado 30 de marzo del 2019	54.00	186.00	7.00	13.00	75.00	-	4.00	48.00	9.00	6.00	3.00	-	-	-	-	-	-	-	405.00
Domingo 31 de marzo del 2019	43.00	153.00	8.00	7.00	77.00	-	2.00	49.00	8.00	4.00	3.00	-	-	-	-	-	-	-	354.00
Total	458.00	1,323.00	44.00	69.00	515.00	10.00	29.00	352.00	82.00	55.00	9.00	-	1.00	-	-	-	3.00	-	2,950.00

Fuente: Elaboracion propia.

Tabla 54: Flujo vehicular de la estación 0+000

Las Lomas- Jinotega

Sentido: Ambos sentidos

Días	vehículos de pasajeros				CMTA	Minibus	Microbus	Bus	Vehiculos de carga								Equipo Pesados		
	Bici	Moto	Jeep	Carro					CLIV	C2	C3	TxSx<=4e	TxSx<=5e	CxRx<=4	CxRx>=5	Veh. Agr	Veh. Const	Otros	
Lunes 25 de marzo del 2019	156.00	304.00	20.00	27.00	114.00	7.00	8.00	50.00	33.00	5.00	-	-	-	-	-	-	-	-	724.00
Martes 26 de marzo del 2019	146.00	295.00	13.00	61.00	119.00	6.00	11.00	43.00	29.00	6.00	-	-	-	-	-	-	9.00	-	738.00
Miercoles 27 de marzo del 2019	156.00	295.00	13.00	10.00	104.00	3.00	17.00	39.00	9.00	6.00	1.00	1.00	-	-	-	1.00	7.00	1.00	663.00
Jueves 28 de marzo del 2019	112.00	257.00	11.00	24.00	91.00	4.00	14.00	45.00	16.00	9.00	-	-	6.00	-	-	-	5.00	-	594.00
Viernes 29 de marzo del 2019	162.00	284.00	23.00	32.00	80.00	4.00	15.00	54.00	21.00	2.00	-	-	-	-	-	-	-	-	677.00
Sabado 30 de marzo del 2019	120.00	265.00	24.00	33.00	91.00	5.00	9.00	49.00	20.00	4.00	-	-	1.00	-	-	-	-	-	621.00
Domingo 31 de marzo del 2019	185.00	237.00	20.00	22.00	42.00	-	-	38.00	6.00	7.00	-	-	-	-	-	-	-	-	557.00
Total	1,037.00	1,937.00	124.00	209.00	641.00	29.00	74.00	318.00	134.00	39.00	1.00	1.00	7.00	-	-	1.00	21.00	1.00	4,574.00

Fuente: Elaboracion propia

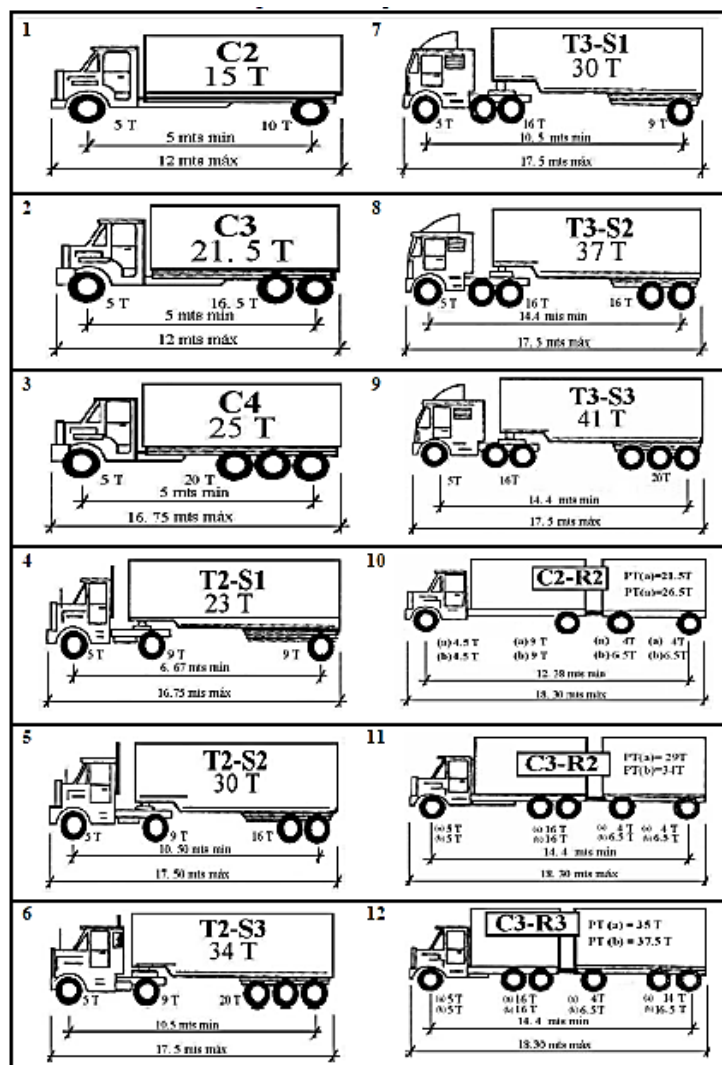
Imagen 19: Factores de expansión de la Estación de Mayor Cobertura (EMC) 401, y Estación de Corta Duración (ECD) 318.

Factores del primer cuatrimestre del año Enero - Abril

Descripción	Moto	Carro	Jeep	Camioneta	Micro Bus	Mini Bus	Bus	Liv. 2-5 t.	C2	C3	Tx-Sx<=4	Tx-Sx=>5	Cx-Rx<4	Cx-Rx=>5	V.A	V.C	Otros
Factor Día	1.40	1.42	1.36	1.33	1.42	1.35	1.32	1.29	1.25	1.39	1.00	1.54	1.00	1.00	1.00	1.00	1.22
Factor Semana	0.97	1.03	1.07	0.99	0.97	0.95	0.99	0.90	0.85	0.88	1.00	0.90	1.00	1.00	1.00	1.00	0.93
Factor Fin de Semana	1.08	0.94	0.85	1.03	1.07	1.17	1.03	1.37	1.75	1.51	1.00	1.40	1.00	1.00	1.00	1.00	1.24
Factor Expansión a TPDA	1.03	0.97	0.97	0.96	0.99	1.01	0.95	1.00	0.98	0.88	1.00	0.83	1.00	1.00	0.93	1.00	1.15

Fuente: Anuario de Aforos de Trafico año 2017, pág. 323.

Imagen 20: Diagrama de Cargas Permisible.





PLANOS

INDICE DE PLANOS	Tramos	Pág.
Sección de Topografía		
Levantamiento Topográfico Altimetría y Planimetría	0+000 - 0+760	pág. 1/3
	0+760 - 1+440	pág. 2/3
	1+440 - 2+053	pág. 3/3
Sección de Geometría Vial		
Sección Típica		pág. 1/14
Sección Típica		pág. 2/14
Elementos de la curva Horizontal		pág. 3/14
Alineamiento Horizontal y Alineamiento Vertical		pág. 4/14
Alineamiento Horizontal y Alineamiento Vertical		pág. 5/14
Alineamiento Horizontal y Alineamiento Vertical		pág. 6/14
Secciones		pág. 7/14
Secciones		pág. 8/14
Secciones		pág. 9/14
Secciones		pág. 10/14
Secciones		pág. 11/14
Secciones		pág. 12/14
Secciones		pág. 13/14
Secciones		pág. 14/14
Diseño Hidráulico e Hidrológico		
Detalles y especificaciones técnicas de alcantarilla		pág. 1/1

